Instituto Internacional de Dasonomía Tropical
PO Box 25000
Río Piedras, PR 00928-5000

Estimados Amigos:

A continuación les presentamos la Carta Anual del Instituto para el año fiscal 1994-1995, abarcando el periodo entre el 1 de octubre del 1994 y el 30 de septiembre de 1995. Esta es nuestra tercera Carta Anual desde que se expandió la misión del Instituto en el 1992. En esta edición presentamos una introducción con un resumen de nuestra misión y de nuestros programas, así como nuestros logros para el año fiscal 1994-1995. Esperamos que este informe les sea útil.

Como de costumbre, le proveemos un listado de nuestras publicaciones recientes, disponibles para la distribución. Les pedimos que ustedes también compartan con nosotros sus logros en el campo de la dasonomía tropical. Recibiremos con agrado comentarios o sugerencias que pudieran tener acerca de nuestro programa y les deseamos éxito en sus actividades.

Cordialmente,

ARIEL E. LUGO
Director

D11
2-01
4
95

United States
Department of
Agriculture

Forest Service

ANNUAL LETTER
1994-95

International Institute of Tropical Forestry

FMD

U.S. Forest Service
Pacific Southwest Library and Information Center
1323 Club Drive
Vallejo, CA 94592-1110

PACIFIC SOUTHWEST
RESEARCH STATION

NOV 19 1997

LIBRARY AND INFORMATION
CENTER COPY

International Institute of Tropical Forestry
PO Box 25000
Río Piedras, PR 00928-5000

Dear Friends:

What follows is the Institute's Fiscal Year 1994-1995 Annual Letter, covering the period between October 1, 1994 and September 30, 1995. This is our third Annual Letter since the Institute's mission was expanded in 1992. In this issue we present an introduction with an overview of our mission and programs, as well as our accomplishments for FY 1994-1995. We hope this report will be useful to you.

As usual, we provide a list of our recent publications which are available for distribution, and ask that you share with us your accomplishments in tropical forestry. We welcome any comments or suggestions that you may have about our program, and wish that you have continued success in your activities.

Sincerely,

ARIEL E. LUGO
Director

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL FORESTRY ANNUAL LETTER

1994-95
Contents

	Page
Introduction	1
Tropical Forest Rehabilitation Research *John A. Parrotta*	10
Ecological Research *Ariel E. Lugo*	11
Plantation Research *John K. Francis*	16
Wildlife Research *Joseph M. Wunderle, Jr.*	18
Long-term Avian Research *Wayne J. Arendt*	22
Wildlife Research *Robert A. Askins and David N. Ewert*	27
Big-Leaf Mahogany and CITES *Julio C. Figueroa Colón*	31
Fungal Diversity in Tropical Forests *D. Jean Lodge*	32
Where does N_2O come from? *Michael Keller*	34
Research Activities *Peter L. Weaver*	37
Other Activities *Carlos M. Domínguez Cristóbal*	39
Watershed Research *Fred N. Scatena*	41
Chemistry Laboratory *Mary Jeane Sánchez*	45
Appendix **(Recent Publications of the International Institute of Tropical Forestry)**	50
Versión en Español	68

CARTA ANUAL DEL INSTITUTO INTERNACIONAL DE DASONOMÍA TROPICAL

1994-95
Contenido

	Página
Introducción	69
Investigaciones sobre la rehabilitación de bosques tropicales *John A. Parrotta*	79
Investigaciones ecológicas *Ariel E. Lugo*	80
Investigación en plantaciones *John K. Francis*	84
Investigación de vida silvestre *Joseph M. Wunderle, Jr.*	86
Investigaciones a largo plazo de aves *Wayne J. Arendt*	88
Investigación de vida silvestre *Robert A. Askins y David N. Ewert*	92
La caoba de hoja grande y CITES *Julio C. Figueroa Colón*	95
Diversidad de hongos en los bosques tropicales *D. Jean Lodge*	97
¿De dónde proviene el N_2O? *Michael Keller*	100
Actividades investigativas *Peter L. Weaver*	102
Otras actividades *Carlos M. Domínguez Cristóbal*	104
Investigación en las cuencas *Fred N. Scatena*	106
Laboratorio de química *Mary Jeane Sánchez*	108
Apéndice **(Publicaciones recientes del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical)**	50

INTRODUCTION

OUR MISSION

The mission of the International Institute of Tropical Forestry (IITF) is to:

Develop and exchange knowledge critical to sustaining tropical ecosystem benefits for humankind.

OBJECTIVES

The International Institute of Tropical Forestry is part of the United States Department of Agriculture's Forest Service and is located in Río Piedras, Puerto Rico.

The International Institute of Tropical Forestry has a leading role in tropical forest research; it provides scientific information to aid in the understanding of the structure and function of diverse tropical ecosystems. An International Cooperation Unit provides technical support to organizations and governments in tropical nations. A State and Private Forestry Program provides support for local natural resource initiatives in Puerto Rico and the US Virgin Islands. The IITF employees also work closely with land managers of the Caribbean National Forest (CNF, USDA Forest Service). This unique combination of programs and skills helps the IITF meet the needs and challenges of cooperative, sustainable management of tropical forest resources.

BACKGROUND

United States Department of Agriculture, Forest Service research in Puerto Rico, in cooperation with the University of Puerto Rico, began in 1939 as the Tropical Forest Experiment Station. The organization was renamed the Institute of Tropical Forestry in 1961 where its research capabilities were greatly expanded. In December 1992, due to increased interest of the United States in expanding its role in the global management of tropical resources, the Institute again broadened its role and mission as the International Institute of Tropical Forestry.

STAFF AND FACILITIES

The IITF research staff consists of foresters, wildlife and terrestrial ecologists, geomorphologists, and atmospheric scientists. These personnel work independently or jointly with outside collaborators and are involved in long-term studies in Puerto Rico, Brazil, Costa Rica, and elsewhere in the Caribbean and Latin America. They are supported by a cadre of biologists, chemists, and technicians. Several forestry generalists and specialists work in international, and State, and private forestry programs. The Caribbean National Forest provides land management skills in forestry, recreation, wildlife, management of soils and water, forest planning, and rural/community assistance. An administrative staff oversees budgets, personnel, purchasing, and other business functions.

The IITF headquarters are located on the University of Puerto Rico campus at the Botanical Garden in Río Piedras, Puerto Rico, a suburb of San Juan. A laboratory provides chemical analysis of soil and water samples. A 20,000-volume Technical Information Center specializes in tropical forests. Additional offices and research facilities are located at the Luquillo Experimental Forest (LEF). In 1996, the Caribbean National Forest will be relocating all of its personnel to offices at Luquillo as well. In May 1996, doors will open at the new El Portal Tropical Forest Center, where a visitor center and on environmental education center will provide information about rain forests in Puerto Rico as well as tropical forests elsewhere.

COOPERATION/COLLABORATION/ PARTNERSHIP

Cooperative partnerships are increasingly important to the IITF program. During FY1995, scientists and program managers initiated over

38 new agreements, for a total of 102 active agreements providing $3.3 million in Forest Service funds and $3.6 million in cooperator dollars. Cooperative projects are in the areas of neotropical migratory bird research, effects of deforestation on global and regional atmospheric conditions, and biodiversity and wetland studies. Several will study the potential impacts of commercial development in buffer zones adjacent to the Caribbean National Forest and the reduction of stream flows in and near the Caribbean National Forest.

The IITF manages and conducts cooperative programs in Puerto Rico, the Virgin Islands, Venezuela, Brazil, Costa Rica, Mexico, Panamá, and the People's Republic of China as well as other countries. The IITF also participates in the management of the $4.08 million National Science Foundation grant awarded as part of the Long-Term Ecological Research Program administered through the University of Puerto Rico. Some key partnerships include affiliations with the University of Puerto Rico, the Long-Term Ecological Research Program sponsored by the National Science Foundation and Global Change Research being done in cooperation with NASA.

Thirteen International Forestry grants and agreements were administered last year focusing on technology transfer and training. These agreements were targeted for activities in the Caribbean and Latin America. Twenty-five State and private forestry grants were administered to the Commonwealth of Puerto Rico and the territory of the Virgin Islands.

In addition, partnerships are carried out with universities; local, national, and international governments; and nongovernment agencies and institutes.

VISITORS AND VOLUNTEERS

The IITF hosted visiting scientists and land managers from the US Caribbean and Latin America as well as other countries.

Volunteers greatly assist us in our programs. Many are graduate-level students getting research experience, as well as local programs with universities.

In 1995, IITF's visitors included a scientist from the Universidad Nacional de La Plata, Argentina; a group of scientists from India; a visiting scientist from the People's Republic of China working with IITF for a year; and international global change scientists who come to Puerto Rico to discuss cloud forests in a program sponsored by the World Wildlife Fund.

IITF TECHNICAL INFORMATION CENTER

A foundation for the technical information used at the IITF is the Institute's TIC it contains about 20,000 volumes of books and documents describing many aspects of tropical forests. Over 100 professional journals from various tropical countries are subscribed to. The Center fills more than 18,000 document request mailings each year, worldwide. Services include literature searches on tropical forestry topics, document delivery and referrals.

In 1995 construction was completed on a new facility that will allow the Center to continue to grow and provide better services to its customers. Forty-five publications were produced by IITF scientists in FY95.

TRAVEL

Some IITF staff travel highlights for FY1995:

Presented paper and led special session in Singapore on Management of Tropical Montane Streams for the International Association of Geomorphologists in Singapore.

Presented paper and chaired technical sessions at the International Union of Forestry Related Organizations (IUFRO) XX World Congress in Tampere, Finland.

Met with the Food and Agriculture Organization (FAO) Forestry officials in Rome to

discuss collaborative research activities related to USDA, Forest Service / World Bank / CIFOR / ODA, a biodiversity rehabilitation research program.

Provided silvicultural training at Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) in Costa Rica to 30 students from Central and South America.

Provided assistance under the National Forest Sister Forest Program in Panamá and Jamaica.

Provided Global Positioning System (GPS) and Geographic Information System (GIS) training to various agencies and communities in Belém and Uruara-Pará, Brazil.

Traveled to Venezuela to look at feasibility of developing agreements to study the regeneration of mangroves after logging.

Participated in Latin American colloquium at Harvard University.

Presented seminar at Stanford University in California on Ecosystem Management and Rehabilitation of Tropical Forests.

RESEARCH

For reasons that go beyond geography, Puerto Rico and the US Virgin Islands are sensible locations for United States based tropical research activities. For example, many of the 547 tree species found in these island forests are also encountered on other Caribbean islands and in Central or South America. Puerto Rico and the US Virgin Islands provide winter homes to North American migrant birds and are influenced by several global atmospheric circulation systems. In addition, the land-use changes that Puerto Rico has already endured are similar to the stages of development occurring today in many other tropical locations.

Four major program areas direct the research focus of the IITF. These include forest management, ecosystem management, wildlife, and social ecology research.

Forest Management Research

The IITF's scientists provide information to natural resource managers so that tropical forests can be managed in a more sustained and environmentally safe manner. Other forest management research focuses on establishing and maintaining tropical forest plantations for maximum economic yield, developing ways to manage secondary forests for maximum benefit to local populations, and testing techniques for rehabilitating damaged forest lands. These efforts are directed not only to Puerto Rico but to other areas of tropical forest as well.

In tropical America there are increasing amounts of secondary forests that were previously cutover forests or agricultural lands. Secondary forests in the tropics are vast and increasing, yet poorly understood. The IITF's scientists investigate the problems of effectively establishing and managing these secondary forests.

In Puerto Rico, long-term growth plots have yielded a wealth of information about long-term growth competition and stand development in dry, moist, and wet forests. Hundreds of small plantations and species adaptability trials have been established for over 150 native and exotic species.

Summary of Accomplishments:

- Silvics manuscripts were published for 14 species of trees important to Puerto Rico and the region.
- Several silvics monographs were translated into Spanish for a silvics manual.
- A guide to terminology of Portuguese-English equivalents of scientific, technical, and colloquial terminology used in forestry was published.

- Work was completed on a field guide to the trees of the Brazilian Amazon, while similar work was begun focusing on the medicinal flora of Central India.

- An international research program on secondary forests was established with support from the World Bank, Center for International Forestry Research (CIFOR) and the Overseas Development Administration of the United Kingdom.

- A botanical survey of the San Cristóbal Canyon in Puerto Rico was requested by the Puerto Rico Conservation Trust.

- A total of 45 publications were produced by IITF scientists in FY95.

Ecosystem Management

Forested tropical watersheds are excellent refuges for diverse plant and animal species, important sources of water, and major components of biogeochemical cycles. Scientists studying ecosystem management strive to determine the magnitude and frequency of natural and human disturbances that affect tropical forests and the ecosystem-level responses to these disturbances. Studies concentrate on the effects of hurricanes, landslides, forestry practices, roads, and recreation on tropical forest resources. The IITF's scientists study watersheds, biogeochemistry, global change, and long-term ecological changes.

Watershed Studies

Most of the watershed-related research at the Luquillo Experimental Forest is conducted in the Bisley Experimental Watershed in cooperation with the University of Puerto Rico and the National Science Foundation's Long-Term Ecological Research (LTER) Program. Scientists and technicians monitor the vegetation and the hydrological and nutrient budgets of the watersheds. Components such as water quality, biomass, wildlife, vegetation dynamics, and ecosystem modeling are part of the program.

Knowledge of the impacts of recreation on tropical forest ecosystems is essential to maintaining sustainable ecotourism and mature tropical forests. Permanent study plots have been established in the Luquillo Experimental Forest to monitor and quantify the impacts associated with various types of recreation.

Land-Use Studies

The analysis of past land uses in Puerto Rico helps identify the long-term impacts of various land practices on tropical forest resources. Examples of these land practices include charcoal production, selective tree harvesting, and agricultural uses such as coffee plantations or pastures.

Dry Tropical Forests

Dry tropical forests make up 42 percent of all tropical and subtropical forest lands and support the largest fraction of the human population living in the tropics. Dry forests have not received as much scientific attention as moist and rain forests. Studies through IITF research are conducted on the US Virgin Islands of St. Croix and St. John's, and on the Guánica State Forest Biosphere Reserve in southwestern Puerto Rico.

Tropical Forests and the Atmosphere

The chemical and physical interactions of tropical forests and the atmosphere are being studied. For over 13 years, the IITF's scientists and collaborators have been studying the carbon cycles of tropical forests on a local, regional, and global level. Current emphasis is on the influence of tropical deforestation and land-use change on atmospheric chemical composition, the storage of carbon in the biosphere, and the influence of climate on the distribution of tropical biota.

In cooperation with the US Environmental Protection Agency and several universities in

the United States, Holland, Korea, and Costa Rica, the effects of deforestation and land-use change on soil emissions and atmospheric gases are being studied in the lowlands of Costa Rica.

Summary of Accomplishments:

- Studies on the effects of natural and man-made disturbances on neotropical forests were continued and expanded. More than 15 students and visiting scientists collaborated in field projects and long-term monitoring, and short-term studies continue in Puerto Rico, Costa Rica, and Brazil.

- Studies were advanced on hydrological modeling of the Luquillo Experimental Forest, cloud forest transpiration, riparian nutrients, and trace gas dynamics along a pasture-to-secondary-forest succession.

- The first Geographic Information System (GIS) map of Puerto Rico was completed by the IITF GIS lab in collaboration with the US Geological Survey.

- Recent research in the Bisley Experimental Watersheds of Puerto Rico has focused on quantifying the spatial and temporal variations of ecosystem disturbances and rate processes.

- Research develops methods to measure and compare the magnitude, frequency, and recovery periods for a range of natural and man-made disturbances including landslides, droughts, hurricanes, tree falls, and selective harvesting. Results indicate that the time necessary for a component of the ecosystem to recover from a disturbance increases the turnover period as the component increases. Also, components of the ecosystem recover faster than the recurrence of disturbances that affect those components.

- Research methods and principles were applied to the design of mitigation plans for landslides, hurricanes, and droughts. These plans are used to evaluate the impacts of these disturbance on water quality and the ecological integrity of montane streams, and to evaluate the effectiveness of forest reforestation efforts.

- Recent global change research has focused on nitrous oxide. The atmosphere is accumulating this gas which persists for a long time (150 years) in the atmosphere. In contrast to temperate ecosystems, tropical ecosystems are nitrogen rich. Recent work confirms that large releases of nitrous oxide occur following natural and man-made disturbances of tropical forests. The role of fertilizers in these processes is also being studied.

- Increasing pressure to extract additional water from the streams of the Caribbean National Forest and the need to maintain water for recreation, research, and ecosystem maintenance have created conflicts between the many users of the forest's waters. There is a need to quantify the different values of water in the forest and determine the impacts of various water uses on the forest ecosystems.

- The socioeconomic value of the forest's water resources is being evaluated. The value of the water to adjacent communities is an order of magnitude more than its present market value. There is strong commitment on the part of the local community to maintain the ecological integrity of the forest's ecosystems.

- The minimum stream flow required to maintain the ecological integrity of the aquatic environment has indicated the importance of stream flow variations in maintaining ecological diversity in montane streams. Guidelines for determining minimum flows have been adopted by local and Federal natural resource agencies and are currently being tested throughout Puerto Rico.

- Research in Puerto Rico and other tropical countries has shown that tree plantings on degraded tropical lands can dramatically increase the otherwise slow rate of recolonization of native forest species. This happens through the modification of understory microclimatic conditions, creating a more favorable climate for the establishment of native forest and flora and attracting seed-dispersing wildlife. This can lead to the progressive enrichment of biological diversity. Research is being conducted with universities and other research organizations in several Latin American countries, Africa, and the Asian-Pacific region. The data derived from these studies will be used to test hypotheses at the local and tropical levels and to more accurately limit the geographical and biophysical conditions, landscape types, and plantation management options under which significant increases in rates of natural forest succession and floristic enrichment can occur.

Wildlife Research

As development and fragmentation of tropical and subtropical forests continue, greater numbers of wildlife species will be threatened with extinction. Not only will species endemic to the tropics be threatened, but North American migrant birds are also threatened due to loss of their wintering grounds. The IITF's wildlife research program looks at disturbances that can threaten many species. These include forest fragmentation, silvicultural and timber harvest practices, and natural disturbances. The IITF wildlife researchers identify and characterize habitat stresses that threaten or endanger wildlife populations, and develop better management practices. Long-term studies focus on population biology and ecology of the Pearly-eyed Thrasher, the birds of the Guánica Dry Forest in southwestern Puerto Rico, and variations in food supply of the Puerto Rican Parrot.

Summary of Accomplishments:

- The wildlife program included both the continuation of long-term monitoring and short-term field studies. Long-term monitoring involved populations of Pearly-eyed Thrashers (a nest-site competitor of the Puerto Rican Parrot in the LEF), resident (including Elfin Woods Warblers, a USDA Forest Service sensitive species) and neotropical migrant birds in different habitats in the LEF, and populations of resident and neotropical migrant birds in the Guánica Dry Forest.

- A 3- year project was initiated to survey and monitor neotropical migrants in three habitats of the Sabana Seca Naval Base, Puerto Rico.

- A continuing short-term study obtained information on survival and annual return rates of neotropical migrants in isolated coffee plantations of different sizes in the Dominican Republic. Additional data was obtained regarding the use of shade coffee plantations by both neotropical migrants and residents. Recent research focuses on the conversion to sun coffee crops in the neotropics and the effects of this conversion on regional biodiversity. Comparisons of sun and shade coffee plantations indicate that bird counts are significantly higher in shade plantations. To encourage some coffee farmers to retain their shade overstory, an effort is underway to promote the labeling of coffee packages designating a shade plantation origin, hoping to enable environmentally conscientious consumers to knowingly purchase shade coffee to encourage the maintenance of shade canopy trees in tropical landscapes. Shade canopy trees are valuable for both migrant and resident birds.

Social Ecology Research

Effective forest management and sustainable development depend not only on physical conditions and scientifically based management techniques, but also on an array of social and economic factors. This is especially true in tropical America where some forest inhabitants

belong to indigenous tribes and there is a variety of small and large land holders.

Social ecology research at the IITF concentrates on the human dimensions of forest management and addresses relationships between human populations and forest resources. Studies include quantification of the economic value of tropical forests as well as social and environmental effects of recreation in tropical forests.

Summary of Accomplishments:

- An energy- and emergy-based value analysis of the LEF and Puerto Rico was completed, published, and presented at meetings and professional societies.

- A water use budget was completed containing estimates of the economic value of water taken from the LEF. This report was used in water resource planning of the Caribbean National Forest and local government agencies.

- A study of farming practices and the social and ecological history of study sites in the Tapajós National Forest, Brazil, was also finished and accepted for publication in a species volume on the economic and social values of Brazilian forests.

INTERNATIONAL COOPERATION

The IITF's International Cooperation Unit serves as a base for Latin American and US resource managers and researchers to interact and work cooperatively. The unit employs the research information of the IITF and the land management skills and capabilities of the Caribbean National Forest to provide technical information and tools through technology transfer outreach.

The program is funded by the USDA Forest Service in cooperation with the US Agency for International Development (USAID). International cooperation specialists provide information in areas such as ecosystem management, silviculture, and forest utilization. All IITF and CNF programs contribute to the international cooperation mission of exchanging knowledge critical to sustainability of tropical ecosystems, including their contribution to humankind through demonstration, training, science exchange, and technology transfer.

Program managers identify clients in need of information, including government agencies, nongovernment organizations, and private entities. New information and experiences are generated through research projects, activities, and financial support to selected projects. International Cooperation Program managers participate in the selection of projects and are involved in their planning, monitoring, and assessment.

Summary of Accomplishments:

- In Fiscal Year 95, IITF assumed a greater role in developing and implementing USDA Forest Service and cooperator programs in Brazil. One cooperative program with USAID and the Brazilian Forest Service will measure the effects of selective timber harvesting on the ecosystem. Additionally, plans were made to incorporate global change studies as a significant element of this program. This involved bringing National Aeronautics and Space Administration (NASA) and other cooperators into the project and securing agreement and commitment with the planned NASA campaign in the Amazon Basin. Forest Service programs in Brazil were expanded to include Non Governmental Organization (NGO's) and a continuing communication link was established with the Tapajós National Forest in Brazil and the Caribbean National Forest.

- The IITF provided the basis for the United States to analyze and develop its position regarding potential listing of big-leaf mahogany under the Convention on International Trade in Endangered Species

(CITES). The Institute built on established relationships with international cooperators to bring together the best data available, and showed that the species continues to occupy its historic ranges, although in reduced numbers, and appears to be reproducing.

STATE AND PRIVATE FORESTRY

The IITF State and Private Forestry Program works closely with local government natural resource agencies in Puerto Rico and the US Virgin Islands, providing assistance for public benefit. The program's goal is to share resources and ideas to maximize cooperation and efficiencies of Federal and local natural resource agencies.

The State and Private Forestry Program provides technical assistance on protection and management of forest ecosystems, forest health, wildland fire management, and special forest products.

Summary of Accomplishments:

- A Forest Advisory Conceptual Team was formed to provide ecosystem management guidance for Puerto Rico's Department of Natural and Environmental Resources (DNER).

- The first State Forest Resource plan was developed providing overall guidance for the Cooperative Forestry programs administered in Puerto Rico. Also, the Commonwealth Forest Stewardship plan was developed by the DNER.

- An Emergency Response Plan for the Caribbean was prepared.

- In September, the USDA Forest Service assisted in emergency disaster response efforts in the neighboring US Virgin Islands in the aftermath of hurricane Marilyn, which ripped through the islands in September. The Forest Service assisted the Federal Emergency Management Agency (FEMA) in the distribution of nearly 3 million pounds of supplies to receiving centers in the Virgin Islands.

- Through IITF efforts, the International Society of Arboriculture, Southern Chapter, was successfully expanded to include training and certification to members in Puerto Rico and the US Virgin Islands.

CARIBBEAN NATIONAL FOREST

Employees of the Caribbean National Forest provide daily land management of a 28,000-acre tropical forest located on the eastern side of Puerto Rico about 25 miles from San Juan. Known locally as El Yunque, the forest is also referred to as the Luquillo Experimental Forest because of the tropical forest research programs conducted there. The CNF program management emphasis includes: recreation, wildlife, and water. CNF personnel work with IITF staff to study customer uses and recreation, watershed studies, GIS (Geographic Information System) information, and wildlife programs.

Summary of Accomplishments:

- The cooperative Puerto Rican Parrot recovery program continues to increase nesting success.

- The arrival in Puerto Rico of the Africanized Honeybee (AHB) will make nest structure maintenance for the Puerto Rican Parrot more difficult. Well over one-half of the 76 improved nesting structures located in the forest were infested with bees last year. It is expected that the more aggressive and prolific AHB will rapidly and completely replace the existing strains of honeybees, thereby increasing the hazard to parrots.

- Collaboration with IITF on wildlife- and fisheries-related monitoring and research was intensified in 1995. Work continues on study design and data collection to determine the effects of small dams and water

diversions on aquatic ecosystems. An agreement was signed with the Puerto Rico Department of Natural and Environmental Resources to help monitor streams off the Forest to determine the impacts to aquatic species as water is extracted.

FOREST PRODUCTS LABORATORY

The Forest Products Laboratory has a small unit in Puerto Rico that focuses on tropical mycology. The headquarters of the Forest Products Laboratory, located in Madison, WI, contributes to the conservation and management of forests by using science and technology to improve the utilization of wood.

FOR MORE INFORMATION: on the programs and projects of the International Institute of Tropical Forestry, please contact: Director, International Institute of Tropical Forestry; USDA Forest Service; Box 25,000, Río Piedras, PR 00928-5000.

TROPICAL FOREST REHABILITATION RESEARCH

John A. Parrotta
Research Forester

Research conducted in Puerto Rico and in a number of tropical countries has shown that tree plantings (of native or exotic species) on degraded tropical lands can dramatically increase the otherwise slow rate of recolonization of native forest species. Under appropriate conditions these plantations seem to "catalyze" natural forest succession: (1) by modifying understory microclimatic conditions and soils, thereby creating a more favorable environment for the establishment of native forest flora; and (2) by attracting seed-dispersing wildlife that can lead to the progressive enrichment of biological diversity. This phenomenon may be of particular significance for lands where degradation processes have reached a stage where seedbanks and rootstocks have been exhausted, and where significant ecological barriers preclude or severely slow natural forest succession. If the ecological processes underlying plantation-catalyzed forest succession were better understood, selected areas throughout the world could be identified and natural regeneration of native forests encouraged to reestablish on degraded lands, thus creating forest management options where few, if any, previously existed.

In March 1995, a collaborative research project entitled "The Catalytic Effect of Tree Plantings on the Rehabilitation of Native Forest Biodiversity: an Exploratory Analysis" was initiated by the Institute to provide a strong scientific foundation for the phenomenon of plantation-catalyzed native forest rehabilitation. This project is receiving funding support from the World Bank, the Center for International Forestry Research (CIFOR), and the Overseas Development Administration (ODA/UK). Research is being conducted in collaboration with universities and other research organizations in several countries in Latin America (Costa Rica, Brazil), Africa (Congo, Malawi, South Africa), and the Asia-Pacific region (Australia, Hawaii).

In each country or region, investigators will examine a series of hypotheses concerning the relative importance of a number of environmental conditions and management factors influencing the process of native forest regeneration within planted forests of various ages. At selected sites, biological diversity development (understory floristics, wildlife, and mycorrhizal spore composition) will be compared within established tree plantations and on unplanted control sites on moderately to highly degraded lands. The data derived from these studies will be used to test the study hypotheses at both the local and pantropical levels and more accurately delimit the geographical and biophysical conditions, landscape types, and plantation management options under which significant increases in rates of natural forest succession and floristic enrichment can occur. Pending favorable results from this initial 18-month exploratory study, future studies focusing on socioeconomic values and policy implications are planned.

Two important additional objectives of the exploratory analysis are the synthesis of existing data from published and unpublished sources pertinent to the evaluation of the study hypotheses, and the establishment of informal linkages with research organizations engaged in similar or related studies on techniques for tropical forest rehabilitation and/or restoration.

ECOLOGICAL RESEARCH

Ariel E. Lugo
Ecologist

Articles were published in three areas of ecological research: tropical forest conservation, wetlands and rivers, and tropical forest structure and dynamics. The abstracts of these articles are reproduced below.

TROPICAL FOREST CONSERVATION

The Caribbean National Forest, a National Forest under the jurisdiction of the USDA Forest Service and a United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization Biosphere Reserve, contains the only primary tropical forest in Puerto Rico. The planning for future uses of the Caribbean National Forest has been controversial and serves as a case study of the application of Federal regulations designed for continental temperate zones to insular tropical conditions. The article by Lugo (1994a) contains a description of the environmental and historical setting of the Caribbean National Forest and presents arguments for and against the preservation of its primary forests. Given the history of custodial management of the forest by the USDA Forest Service, it appears unlikely that the agency will advocate conversion of the only primary tropical forest under US Government jurisdiction in order to satisfy requirements of the National Wilderness Act and/or the National Forest Planning Act. The planning, management, and conservation of the Caribbean National Forest can be a model for such activities elsewhere in the Caribbean and the American tropics but only if it demonstrates a balance between intensive use of suitable stands and absolute protection of primary forests.

A worst-case scenario for the future of tropical forests is based on beliefs that tropical forests are unusually fragile; that continued population growth will raise demands for forest products beyond what they can produce; that increased dependence on technology will result in faster and more catastrophic destruction of resources; and that human greed, misguided public policies, and market failure will also cause destruction of tropical forests no matter what else is done to protect them (Lugo 1995). All these beliefs are based on experience. However, there are alternatives. The belief that tropical forests are unusually fragile is based on ideas of ecosystem properties that have been modified since the 1970's when they were prevalent. Today, ecologists emphasize tropical forest resilience and its capacity to regenerate after natural disturbances. Tropical forest environments have changed and continue to change at an accelerated pace as a result of human activity. Although the change can be directed to minimize negative effects, even under a best-case scenario, future tropical forests will be exposed to different atmospheric conditions and may support a different combination of species, including more exotic and cosmopolitan species and fewer endemic species. Humans must step up management activities to include the whole landscape over a long-term scale and use ecologically sensitive technologies to rehabilitate damaged ecosystems. Human populations will have to be concentrated to better distribute food and fiber, process waste water, and minimize damage to the biota. Success in managing tropical landscapes will depend on the attention given to socioecological factors, the education of the population on issues of resource conservation, the focus of research activity, and the strengthening of resource management institutions.

WETLANDS AND RIVERS

Palm brakes growing on steep slopes in the Caribbean are characterized by low species richness, simple community structure, and temporal and spatial variations in community structure (Lugo *et al.* 1995). Two *Prestoea montana* palm forest stands were studied in the

Luquillo Experimental Forest over a period of 40 years in order to determine the successional status of the palm brake. The stand with the greater rainfall had fewer tree species, greater species dominance, and lower turnover of species than the stand with less rainfall. Soil structure and chemistry varied widely both vertically and horizontally and could not explain spatial changes in stand structure. Dicotyledonous trees grew larger in the better-drained sites with deeper soils on top of ridges or on steep slopes. Palms dominated swales and waterlogged areas. The combination of geological, climatic (including storms and hurricanes), and geomorphic conditions resulted in a frequently disturbed palm brake environment. The biotic response to such conditions appears to be cyclic successions characterized by a small group of species that replace each other, catastrophic mortalities, rapid growth rates after disturbance, and permanence of the palm forest physiognomy. We suggest that succession in palm brakes follows different directions depending on type of disturbance and site conditions (fig. 1). Site conditions are variable in spite of always being wet and geomorphologically unstable.

The mangrove forests of San Salvador are a good example of an ecosystem under stress (Lugo 1994b). The red mangrove, *Rhizophora mangle*, appears to be the species most affected by the stressful conditions of this island. Short tree stature, small and rigid leaves, abundance of senescent leaves, vertical leaf orientation, thinned canopy, and high frequencies of occurrence of albino seedlings are indicators of stress. The stress factors are high salinity, low tidal

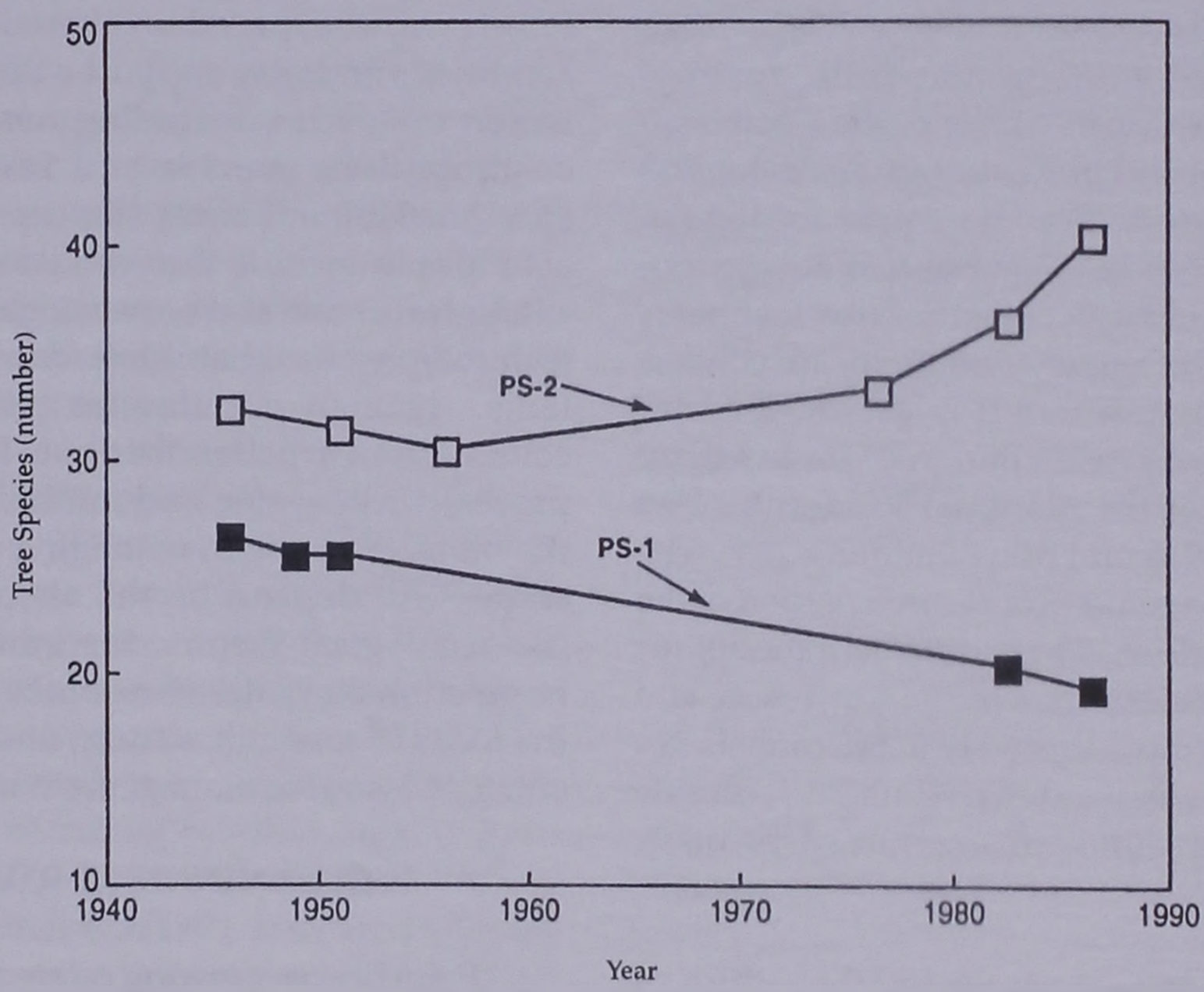


Figure 1. *–Long-term changes in tree species density in a two 0.4 ha palm brake plots located at similar elevations but different rainfall in the Luquillo Experimental Forest. The PS-1 plot was on a windward slope and received more rainfall then the PS-2 plot which was on the leeward side of the mountain (from Lugo et al. 1995).*

energy, either short or long inundation periods, low soil fertility, and poor growth conditions. These stresses are the result of low rainfall, absence of rivers or fresh-water discharges into the mangroves, poor geomorphological conditions, and low nutrient availability. These forests are optimal locations to study mangrove responses to chronic stress, the ecophysiology of stressed plants, and the relationship between ecophysiology, species composition, and ecosystem function, particularly in terms of nutrient cycling.

Export of N, P, major ions, and SiO_2, was measured for streams draining tropical rain forest catchments on three islands of volcanic origin in the Lesser Antilles (McDowell *et al.* 1995). Structure of the native forests was similar in each island, but land-use varied in each. Patterns of inorganic nitrogen export followed land-use patterns, with greatest export (7 kg ha^{-1} yr^{-1}) from the most densely populated catchment. Phosphorus followed a different pattern, with greatest export (0.5 kg ha^{-1} yr^{-1}) from the catchment with the lowest population density and least agriculture. Export of base cations and silica varied primarily with runoff. Weathering rates were high in these humid tropical basins, with SiO_2 export of 400 to 800 kg ha^{-1} yr^{-1}. These data provide some of the first estimates of the impact of land-use on nutrient export from small tropical streams, and point to the possible impact of soil chemistry and weathering in regulating phosphorus flux from volcanic terrains.

TROPICAL FOREST STRUCTURE AND FUNCTION

Forest structure and dynamics in the Luquillo Experimental Forest (LEF) are organized along an altitudinal gradient that reflects atmospheric, edaphic, and topographic conditions in the Luquillo Mountains (Lugo and Scatena 1995). Global circulation drives atmospheric conditions in the LEF. In spite of its favorable tropical climate, the environment in the LEF has periods of considerable stress associated with storms and hurricanes. These events trigger landslides and periods of massive sudden tree mortality that greatly influence conditions for forest growth and succession. The main abiotic conditions that stress the biota are: (1) mechanical stress imposed by heavy winds and rains, (2) strong leaching of all surfaces by nearly pure waters with high chemical potential, (3) unstable terrain subject to mass movements on which plants must anchor and grow, and (4) saturated and anaerobic soils. Fourteen biotic responses to these abiotic challenges are discussed. These are: (1) smooth forest canopies, (2) episodic tree mortality, (3) size and age dominance among tree populations, (4) high diversity of life forms, (5) interception and retention of nutrients by epiphytes and other specialized life forms, (6) high interception of water, (7) formation of tree unions and morphological or growth plasticity, (8) modification of microtopography by trees, (9) over-riding importance of certain groups of organisms, (10) high turnover of species in microscales, (11) heterophylly and sun and shade light adaptation, (12) high root density, root biomass, and turnover of fine roots, (13) high turnover of nutrients and organic matter as a result of root and vegetation dynamics, and (14) constancy of ecosystem rate processes in mature stands. Because of disturbances and the high rainfall, biotic control over nutrient cycles and organic matter turnover appears critical. We identify five main interfaces where the biota controls these parameters, forming the basis for resilience of forest ecosystems in the LEF (fig. 2). These interfaces and their key biotic controls are: (1) atmosphere-terrestrial interface dominated by epiphytes and atmospheric fungi, (2) soil-aboveground interface dominated by microorganisms and animals such as earthworms, (3) plant-soil interface dominated by woody vascular plants and animal populations such as termites, (4) terrestrial-aquatic interface dominated by a large array of aquatic and amphibian species of plants and animals, and (5) the aerobic-anaerobic interface dominated by bacteria and fungi.

The forests of the Luquillo Experimental Forest Long-Term Ecological Research Site are

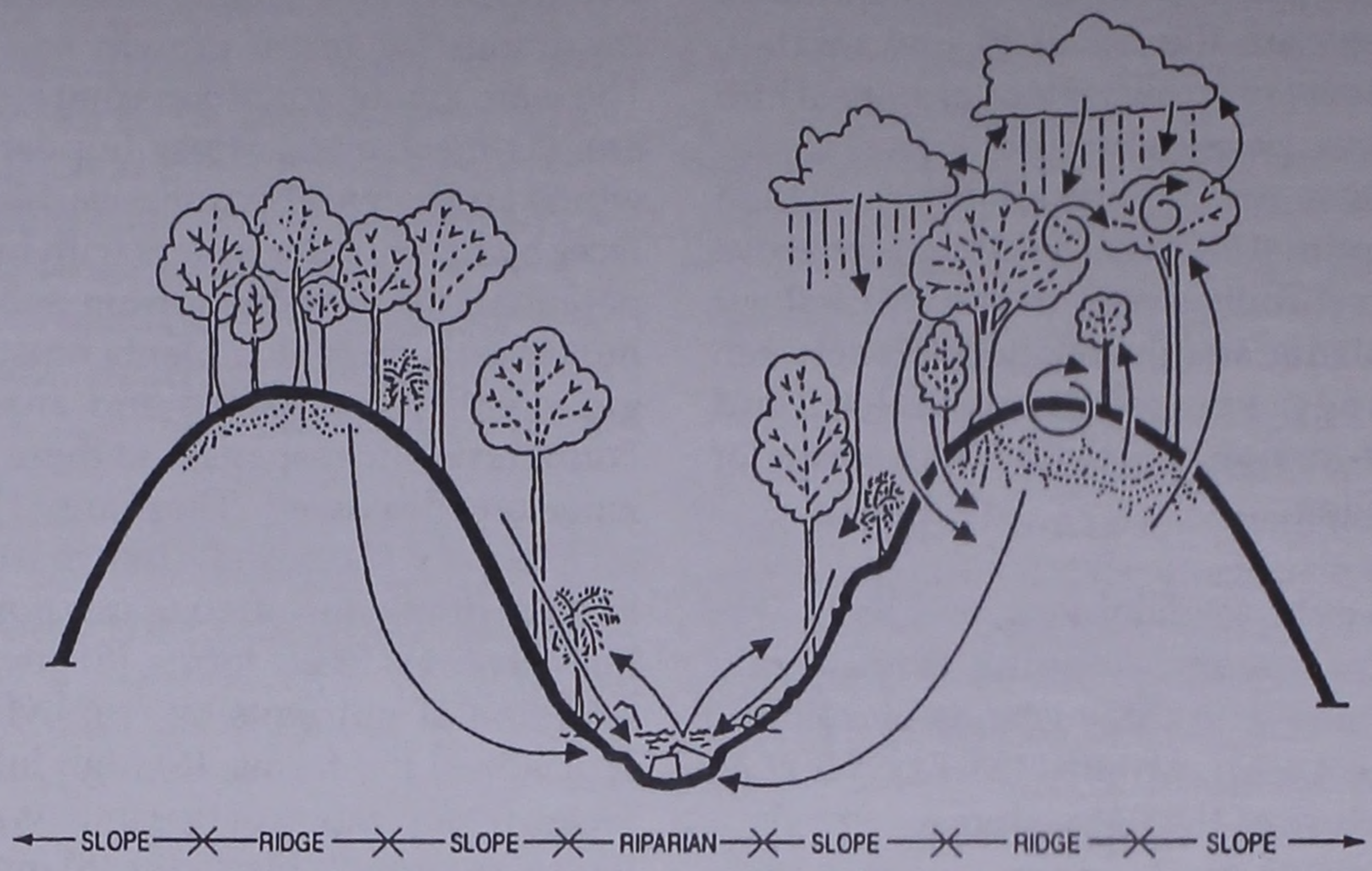


Figure 2. –*Cross section of the ridge/slope/valley topography of the Luquillo Experimental Forest at about 300 m elevation. Tabonuco (Dacryodes excelsa) tree unions grow on the ridges with interconnected root systems. Lines and arrows show the movement of organic matter and nutrients across various interfaces such as canopy/clouds, overstory/litter, aquatic/terrestrial, etc. (from Lugo and Scatena 1995).*

subject to low-intensity, widespread disturbance that establishes levels of background mortality that contrast with periodic catastrophic mortality resulting from hurricanes and landslides (Lugo and Waide 1993). Although catastrophic mortality is more dramatic, background mortality is still a more important factor in determining population turnover. However, catastrophic mortality may still be an important factor in determining ecosystem structure. Catastrophic disturbances affect forest function in many ways besides mortality, some of which are only apparent in the context of long-term studies. Since most ecosystems are subject to some form of catastrophic disturbance, general principles can be derived from comparative studies of disturbance in different systems.

LITERATURE CITED

Lugo, A.E. 1994a. Preservation of primary forests in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. Conservation Biology 8:1122-1131.

Lugo, A.E. 1994b. San Salvador mangroves: an ecosystem under chronic stress. Pages 60-63 *in* L.B. Kass, editor. Proceedings of the 5th symposium on the natural history of the Bahamas. Bahamian Field Station, San Salvador, Bahamas.

Lugo, A.E. 1995. Tropical forests: their future and our future. Pages 3-17 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Springer-Verlag, New York.

Lugo, A.E., A. Bokkestijn, and F.N. Scatena. 1995. Structure, succession, and soil chemistry of palm forests in the Luquillo Experimental Forest. Pages 142-177 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Springer-Verlag, New York.

Lugo, A.E. and F.N. Scatena. 1995. Ecosystem-level properties of the Luquillo Experimental Forest with emphasis on the tabonuco forest. Pages 59-108 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Springer-Verlag, New York.

Lugo, A.E. and R.B. Waide. 1993. Catastrophic and background disturbances of tropical ecosystems. Journal of Biosciences 18:475-481.

McDowell, W.H., A.E. Lugo y A. James. 1995. Export of nutrients and major ions from Caribbean catchments. Journal of the North American Benthological Society 14:12-20.

PLANTATION RESEARCH

John K. Francis
Research Forester

During the previous year, several advances were made in plantation research. Five publications (listed below) reflected work done in previous years. Three of these deserve special mention. A method (Francis 1994a, Francis 1995a) that was recently developed using very simple equipment, a carpenter's auger and thin ruler was shown to accurately quantify the density of wood in living trees of species with wood ranging from soft to very hard. Large increment borers, previously used for measuring wood density in living trees, are expensive and difficult to use in trees with hard wood. A general technical report (Francis 1994b) presented a dictionary of English and Portuguese equivalents of scientific, technical, and colloquial words used in forestry and conservation literature and conversation. Listings of about 2,000 words and their equivalents are alphabetized in both English and Portuguese. The actual area of tree plantations in Puerto Rico has long been a topic of speculation and confusion. Compilations done in 1988, finally published (Francis 1995b), indicate the existence of just under 4,000 ha of timber plantations and several thousand ha of nontimber tree plantations. Plantations constitute 1.4 percent of the public forests. During 1988, Puerto Rican sawmills reported just 797 cubic meters of wood sawn.

Also during the year, three additions were made to the Tropical Silvics Manual. The species monographs published were: *Coccoloba uvifera* (Parrotta 1994a), *Ficus citrifolia* (Francis 1994c), and *Thespesia populnea* (Parrotta 1994b). This makes 76 species published in the Tropical Silvics Manual series and 20 tropical species published in the US Silvics Manual. A number of other species monographs are in press or in preparation. A Spanish translation of the Tropical Silvics Manual is in progress.

Five-year measurements of an informal species trial on the grounds of the Albergue Olímpico were recently completed. The one-hectare site was a particularly difficult planting challenge not only because of the 900 mm annual rainfall, but because during construction of facilities the area had been scraped to obtain fill dirt. The planting substrate was subsoil ranging in depth from 15 to 50 cm over fractured volcanic rock. Twenty-one species, all adapted to the area, were planted. In addition, eight species, mostly seedlings, were present on the site. Planted *Hemaetoxylum campechianum* and natural *Prosopis juliflora* were clear successes on the worst of the areas and *Tamarindus indica* is doing better each year. *Swietenia macrophylla* X *mahagoni*, *Enterolobium cyclocarpum*, and *Samanea saman* are doing very well on the deepest soils. *Albizia lebbeck*, *Eucalyptus tessillaris*, *Acacia aureculiformis*, *Leucaena leucocephala* (giant variety), and *Pithecellobium dulce* (natural seedlings) are growing well on soils of intermediate depth.

LITERATURE CITED

Francis, J.K. 1994a. A simple and inexpensive method for extracting wood density samples from tropical hardwoods. Tree Planter's Notes 45(1):10-12.

Francis, J.K. 1994b. English-Portuguese equivalents of forestry and conservation terms. General Technical Report SO-109. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 45 p.

Francis, J.K. 1994c. *Ficus citrifolia* P. Miller Jagüey blanco. Res. Note SO-ITF-SM-75. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.

Francis, J.K. 1995a. Simple and inexpensive method for extracting wood density samples from living trees. Pages 159-160 *in* J.A. Parrotta and M. Kanashiro, editors. Management and rehabilitation of

degraded lands and secondary forests in Amazonia. 18-22 April 1993; Santarém, Pará, Brazil. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico.

Francis, J.K. 1995b. Forest plantations in Puerto Rico. Pages 210-223 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Springer-Verlag, New York.

Parrotta, J.A. 1994a. *Coccoloba uvifera* (L.) L. Sea grape, Uva de playa. Res. Note SO-ITF-SM-74. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

Parrotta, J.A. 1994b. *Thespesia populnea* (L. Soland ex Correa). Portia tree, Emajagüilla. Res. Note SO-ITF-SM-76. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

WILDLIFE RESEARCH

Joseph M. Wunderle, Jr.
Research Wildlife Biologist

During the 1995 fiscal year we continued the third year of our research in Dominican Republic coffee plantations. This work has been expanded from its original objective of determining the importance of shade coffee plantations for wintering migrants to determining the factors that make shade coffee plantations attractive to birds.

WINTER DISTRIBUTION AND SURVIVAL OF NEOTROPICAL MIGRANTS IN SMALL VERSUS LARGE COFFEE PLANTATIONS IN THE DOMINICAN REPUBLIC

Many nearctic migrants are sensitive to forest fragmentation in the temperate zone, due to decreased nest productivity in small fragments. Fragmentation on the tropical wintering grounds could also affect overwinter survival of migrants. Thus, the effect of patch size on overwinter survival is potentially important for conservation of migrants in the tropics. Our current research examines this issue by using 14 different-sized shade coffee plantations (0.25 to 8.5 ha), mostly isolated in pastures, to determine: (1) the influence of plantation size and isolation on the diversity and abundance of wintering migrants; (2) overwinter site persistence of migrants, particularly Black-throated Blue Warblers (*Dendroica caerulescens*), American Redstarts (*Setophaga ruticilla*), Black-and-White Warblers (*Mniotilta varia*), and Ovenbirds (*Seiurus aurocapillus*). This year's results are similar to that of previous years and indicate that overwinter site persistence in coffee plantations is similar to that found in native forests in the Caribbean, and that plantation size has little or no effect on overwinter site persistence rates. Thus, small forest patches can be valuable for migrant conservation efforts on the wintering grounds.

Avian Abundance in Sun and Shade Coffee Plantations

Recently, several authorities have expressed concern regarding the ecological effects of the conversion of traditional shade coffee plantation into a new, high intensity form of cultivation in which coffee is grown in full sunlight in the absence of a shade overstory. These sun coffee plantations require higher inputs of pesticides and, combined with the elimination of the shade overstory, may contribute to a reduction in biodiversity. Given the large area devoted to coffee cultivation in the neotropics, the conversion to sun coffee is likely to have a major effect on regional biodiversity. Despite the potential negative effect of the conversion of shade coffee to sun coffee, no studies have quantified the differences between the two types of plantations. Therefore, we initiated a study to compare the abundance of individual bird species and the characteristics of the avian assemblages in sun and shade coffee plantations and remnant pine forest. These comparisons of bird populations will enable us to predict some of the changes in avian abundance as conversion to sun coffee proceeds in the neotropics.

Our comparison of sun and shade coffee plantations indicate that bird counts are significantly higher in shade coffee than in sun coffee. The higher counts in shade coffee are attributed to higher counts of resident species; counts of migrants did not vary between the two types of plantations.

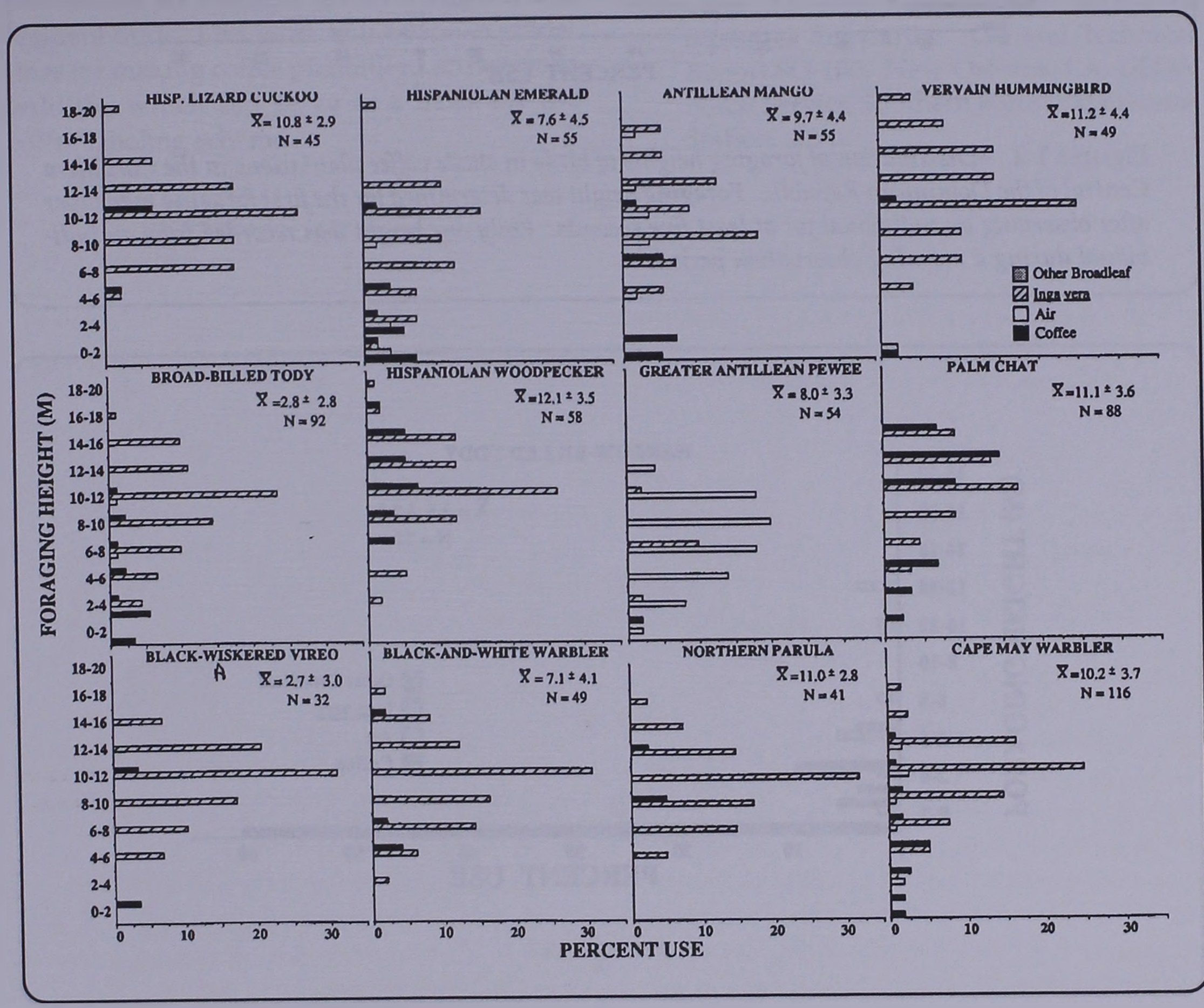
Although avian abundance was greater in shade plantations, the number of species (species richness) was similar in sun and shade plantations. Therefore, the major difference between the two plantation types is not in the number of species, but in the types of species. For example, shade coffee plantations with an overstory of *Inga vera* were characterized by an abun-

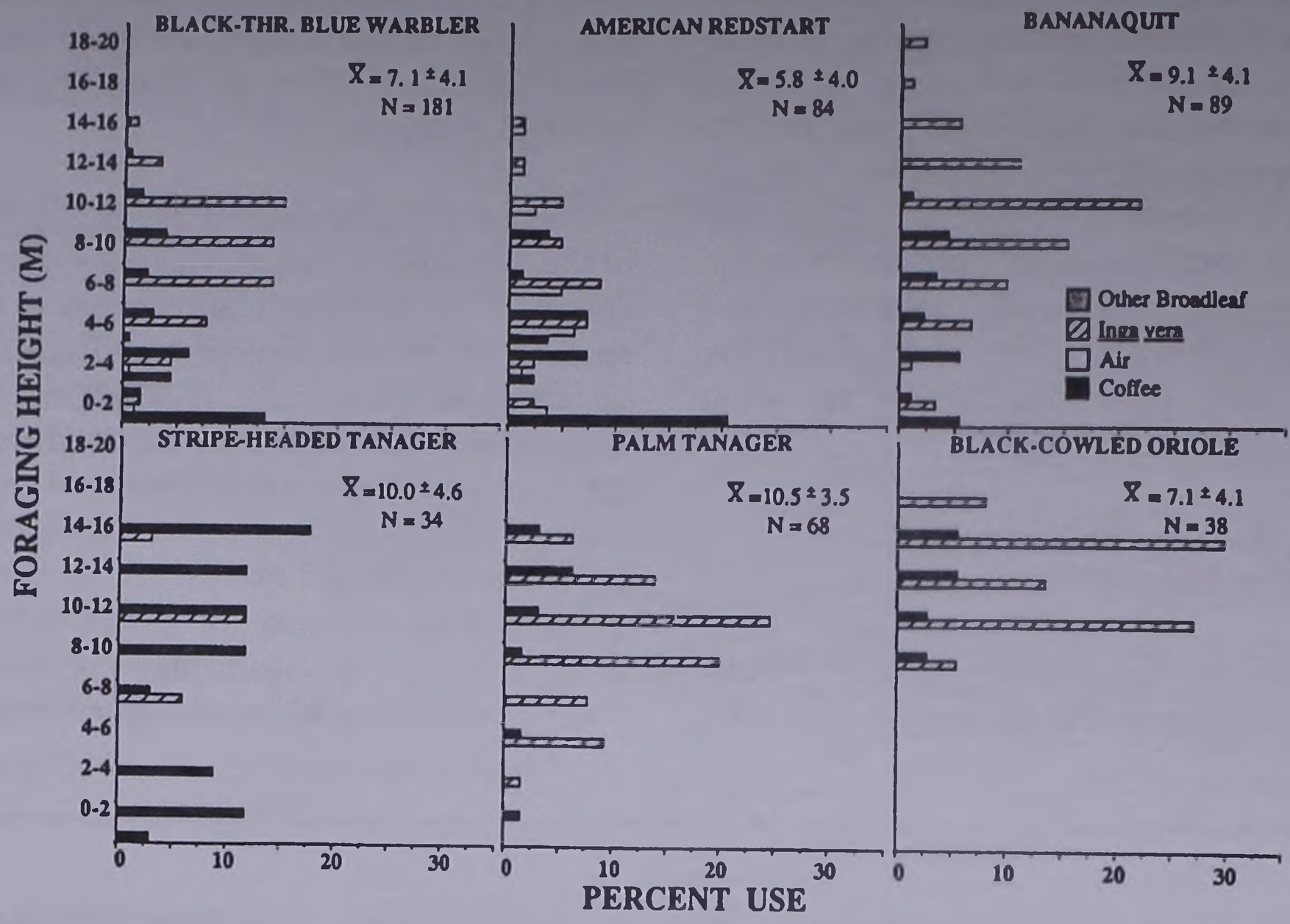
dance of nectarivores, male-biased sex ratios in two nearctic migrants (*Dendroica caerulescens, Setophaga ruticilla*) and species common in broadleaf forest. In contrast, sun coffee had more frugivore/seedeaters, female-biased sex ratios in the two nearctic migrants, and species of open brushland ("matorral"). We conclude that shade coffee contributed to biodiversity in agricultural regions by providing habitat for broadleaf forest species in contrast to sun coffee which, at best, provides habitat for some "matorral" species.

Avian Foraging Ecology in Dominican Shade Coffee Pantations

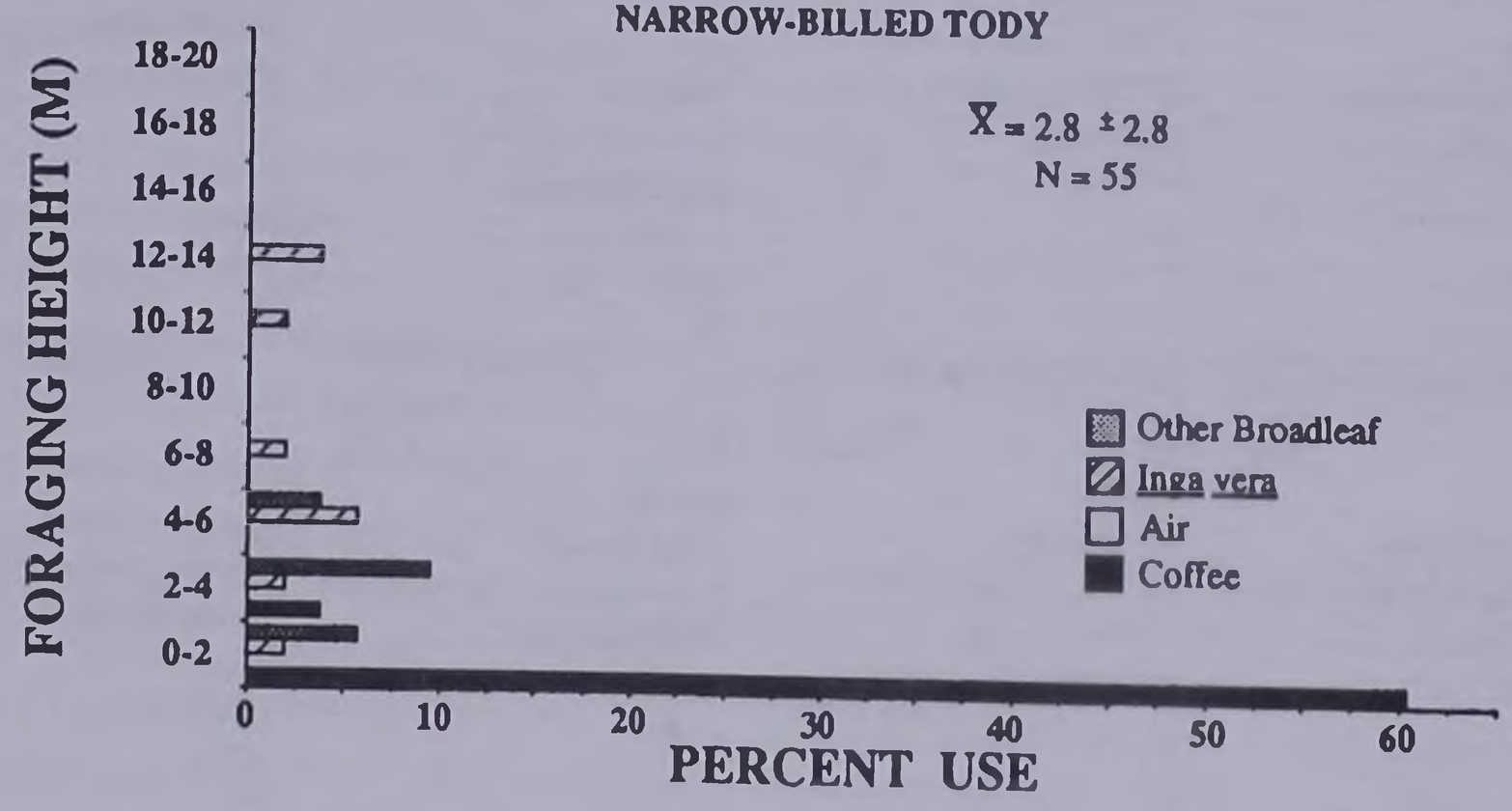
To document the importance of the shade overstory we quantified where and how birds forage for food in shade coffee plantations. These observations enabled us to evaluate the importance of the shade overstory relative to the coffee understory in attracting birds to coffee plantations.

We observed a total of 24 species foraging in the plantations, but restrict the analysis to 19 species with adequate sample size (6 migrant species; 13 resident species). All species were observed foraging in the *Inga* overstory of the plantations, although they differed in the degree to which they occurred there relative to the coffee understory (figs. 1 and 2). Eight species (42 percent) foraged exclusively in the canopy or subcanopy and did not forage in the coffee understory; no species foraged exclusively in the coffee, although Narrow-billed Tody (*Todus*





Figures 1-2. *–Distribution of foraging heights of birds in shade coffee plantations in the Cordillera Central of the Dominican Republic. Foraging height was determined for the first foraging maneuver after observing an individual for at least five seconds. Only one height was recorded from an individual during a morning observation period.*



angustirostris) foraged more frequently in coffee than in the shade overstory. These findings suggest that most birds forage in coffee plantations because of the shade overstory and few species actually forage on the coffee bushes.

Application of Coffee Wildlife Studies

To encourage some coffee farmers to retain their shade overstory, an effort is underway to promote the labeling of coffee packages designating a shade plantation origin (e.g., Rainforest Alliance). This labeling scheme would enable environmentally conscious consumers to knowingly purchase shade coffee, thereby using the marketplace to encourage the maintenance of shade canopy trees in some tropical landscapes. As our work demonstrates, these shade coffee plantations are valuable for both migrant and resident birds. Our work will establish guidelines for making coffee plantations attractive to wildlife, which can serve as a basis for the coffee labeling scheme.

Additional Projects

A Spanish translation of my guide for avian census methods (Wunderle 1994) was published during this period. In this guide, I summarize the standard census methods used for counting land birds and provide instructions and recommendations for their use by wildlife biologists and managers in the Caribbean (Wunderle 1995).

LITERATURE CITED

Wunderle, J.M. 1994. Census methods for Caribbean land birds. General Technical Report SO-98. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 26 p.

Wunderle, J.M. 1995. Métodos para contar aves terrestres del Caribe. General Technical Report SO-100. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 28 p.

LONG-TERM AVIAN RESEARCH

Wayne J. Arendt
Research Wildlife Biologist

GUÁNICA FOREST BIRD COMMUNITY

My colleague, Dr. John Faaborg from the University of Missouri-Columbia, and I have been monitoring the resident and migratory birds within the Guánica Forest, in southwestern Puerto Rico, over the last 22 years. A summary of our research topics and study results is found in Faaborg and Arendt (1990). Recently, we discovered a precipitous decline in one of Puerto Rico's unique endemics, the Puerto Rican Vireo (*Vireo latimeri*), locally known as the "Bien-te-veo" ("I see you well"; a vernacular that aptly describes the species' white eye-ring). The following is a brief synopsis (taken from Faaborg *et al.* in press) of our findings and concerns.

The Guánica Forest population of the Puerto Rican Vireo has been declining over the past 22 years at a single netline by a rate of about 5 percent annually (fig. 1), with a serious decline evident between 1989 and 1995 at nine netlines (combined totals) (fig. 2). This population decline becomes even more evident when one considers the annual mean number of vireos captured during the last 7 years of sampling at all nine netlines within the forest (fig. 3). Diminishing capture rates are augmented by reduced annual survival rates, dropping from 0.68 $\pm$ 0.08 between 1973-1990 (Faaborg and Arendt, in press) to 0.61 $\pm$ 0.05 between 1991-1995 (Faaborg *et al.* in press) and low reproductive success within recent years, the latter due in part to brood parasitism (78 percent of 156 nests, with a 13 percent success rate) by the Shiny Cowbird (*Molothrus bonariensis*). [Note: the parasitism information was obtained by Bethany Woodworth, a Ph.D. graduate from the University of Minnesota.] Although we have record of individual vireos reaching 10 years of age, and even of one individual surviving a minimum of 13 years and 2 months, most older vireos had disappeared by 1995, suggesting that no longer are there younger individuals in the population to replace them.

Reduced survival and reproductive rates below replacement level have resulted in the observed population decline. But what are the causative factors? Since 1973, (Faaborg and Arendt 1992) we have seen fairly large avian population fluctuations as a result of rainfall variation in response to often prolonged droughts within the Guánica Forest. Yet, populations of insectivorous birds, including the vireo, are generally least responsive to rainfall. Moreover, other insectivores such as the Puerto Rican Flycatcher (*Myiarchus antillarum*) and Adelaide's Warbler (*Dendroica adelaidae*) do not show population declines during this period. The only major difference that we have observed in the Guánica Forest between 1973 and 1995 is the recent increase of Shiny Cowbirds within the forest during the breeding season. Our censuses and netting during the 1970s, and into the late 1980s, never detected a single cowbird, although they were reported from other habitats on the island. Only one cowbird was captured (January 10, 1988) during our winter net samples over the 22-years period. Cowbirds have become common in the forest only within the last 5 to 7 years.

Because the relatively undisturbed Guánica Forest may have served until recently as a source for Puerto Rican Vireos for much of southwestern Puerto Rico, we feel that it is imperative that we continue to monitor vireo populations within the forest and elsewhere among appropriate habitats in hopes of determining and ameliorating the causative factors that one day could lead to the "Bien-te-veo's" extinction.

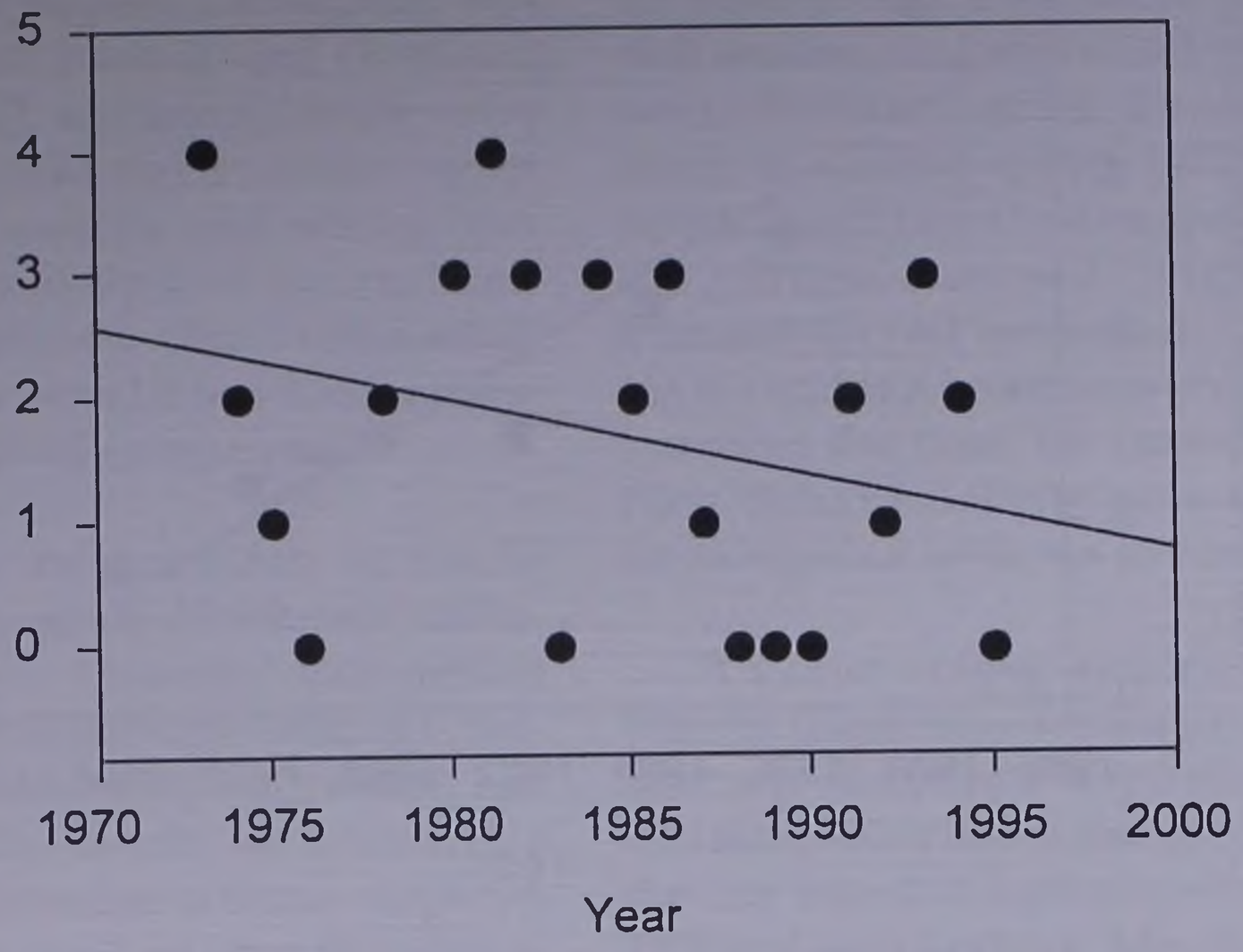


Figure 1. –*Annual capture rates (total number of individuals) of Puerto Rican Vireos during 22 years of netting at a single netline within the Guánica Forest, Puerto Rico.*

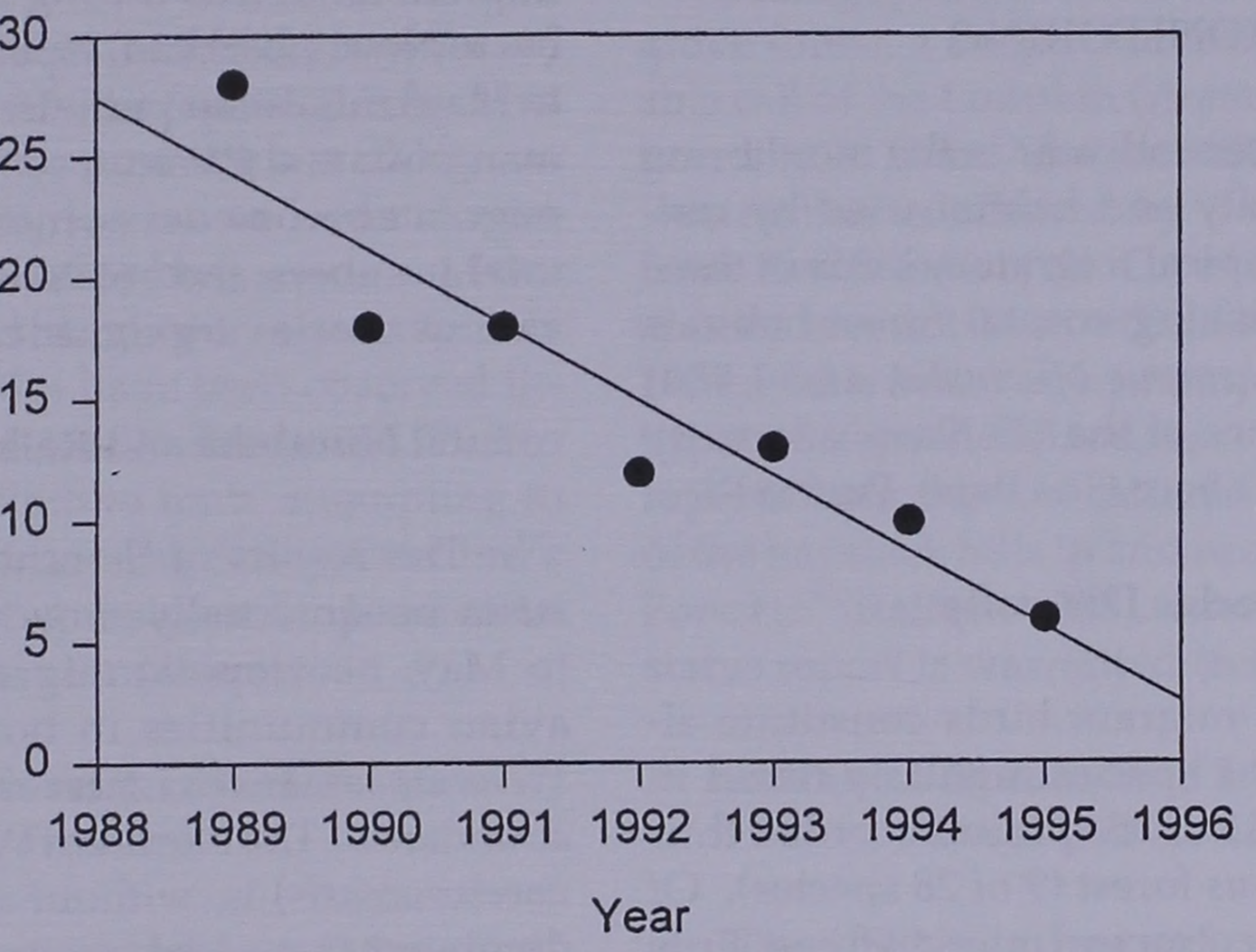


Figure 2. –*Rates of capture (number of individuals) of Puerto Rican Vireos during the last 7 years of netting at nine netlines within the Guánica Forest, Puerto Rico.*

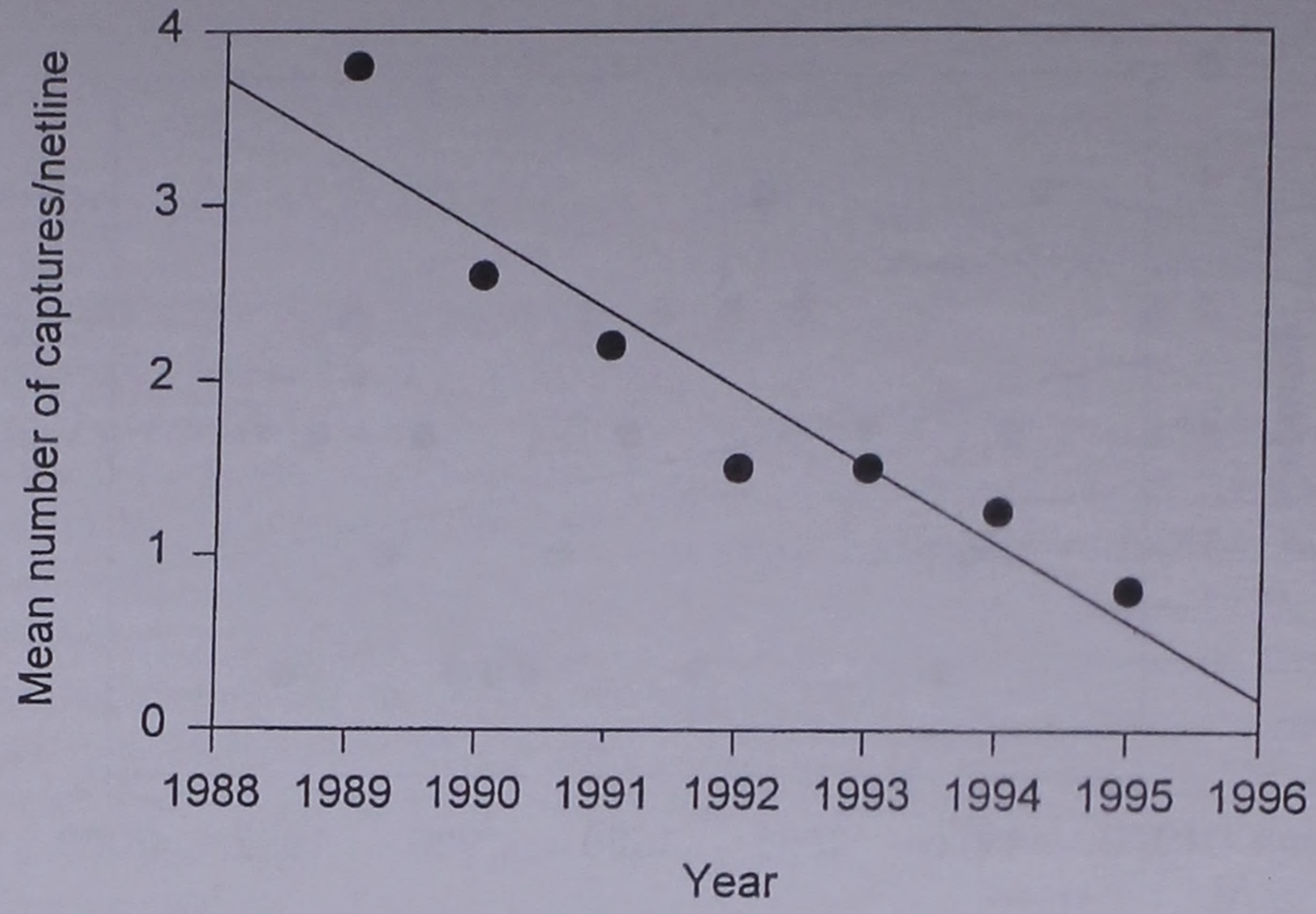


Figure 3. –*Capture rates (mean number of individuals) of Puerto Rican Vireos during the last 7 years of netting at nine netlines within the Guánica Forest, Puerto Rico.*

NEOTROPICAL MIGRANT BIRD MONITORING

Now in its second year is the monitoring of species diversity and habitat used by residents and neotropical migratory birds in three unique and vanishing coastal forest habitats (mangrove, *Pterocarpus officinalis*, and karst) within the confines of the US Navy's Security Activity at Sabana Seca (Toa Baja), Puerto Rico.

Species Diversity

Neotropical migrant birds constitute almost a third of the species regularly found in both mangrove (11 of 35 species recorded thus far) and *Pterocarpus* forest (9 of 28 species). Of the 12 species of neotropical migrant forest birds recorded in all three habitats combined, 11 species (92 percent) have been recorded in mangrove forest and 9 species (75 percent) have been found in *Pterocarpus* forest. Coastal limestone karst forest is regularly used by neotropical migrant landbirds during Autumnal (September to November) and, especially, spring (March to May) migration periods. The importance of mangrove and *Pterocarpus* forest to neotropical migrants becomes even more evident when the total numbers and relative abundance of the various species are considered.

Total Numbers and Relative Abundance

The results of monthly point-count censuses unequivocally show that, from October to May, neotropical migrants dominate the avian communities in both mangrove and *Pterocarpus* forest in sheer number and relative abundance. The Northern Waterthrush (*Seiurus noveboracensis*) is, without any close rival, the dominant terrestrial avian species inhabiting mangrove and *Pterocarpus* forest during the nearctic winter. The remaining four most common species of neotropical migrants, in order of abundance, are American Redstart (*Setophaga ruticilla*), Black-and-White Warbler (*Mniotilta*

varia), Northern Parula (*Parula americana*), and Belted Kingfisher (*Ceryle alcyon*). The Prairie Warbler (*Dendroica discolor*), Common Yellowthroat (*Geothlypis trichas*), and Ovenbird (*Seiurus aurocapillus*), are undoubtedly more common than the point-count census results suggest. They are secretive and retiring species and are thus less likely to be reported during aural-visual censuses. The Prothonotary Warbler (*Protonotaria citrea*) is less common and is infrequently observed or captured.

Mist-net and point count data cannot be directly compared because of inherent differences in their design. However, mist-netting within all three forest habitats, although limited primarily to understory vegetation, has been productive. The results are comparable to the aural-visual censuses in terms of species captured and their overall relative abundance. Once again, with the exception of karst forest, neotropical migrants are shown to be major components of the avian communities, both in species richness and relative abundance.

Pest Species

The Shiny Cowbird (*Molothrus bonariensis*) is common in all three of the forest habitats. This is most unfortunate because it is a well-known avian brood parasite, known to lower the reproductive potential of its host species. Males have been observed singing to attract female cowbirds, and females have been observed literally following Yellow Warblers and Puerto Rican Vireos from limb to limb, attempting to find their hosts' nests. The Shiny Cowbird's impact on the nesting resident birds must be evaluated and closely monitored.

Importance of Coastal Limestone Karst Forest

In addition to serving as a "stop-over" (and, to a lesser extent, an "over-wintering") habitat for neotropical migrants, karst forest was shown to host more than half (8 of 14 species) of Puerto Rico's endemic birds. But, because return rates of individual birds captured in mist nets is almost nil, it is possible that more species are using karst forest for foraging than for nesting. More extensive netting, in-depth nest studies, and continued monitoring must be undertaken before a conclusion can be reached. During spring 1995, nesting by the coveted and rapidly disappearing gamebird, the White-crowned Pigeon (*Columba leucocephala*) was confirmed. Once again, owing to continued community development surrounding the base, the importance of the US Navy Security Activity's coastal limestone forest to regional avifauna has been manifested.

Another unique species, the Adelaide's Warbler (*Dendroica adelaidae*), while not endemic to Puerto Rico, has a very limited, disjunct distribution, being found also only on St. Lucia and the tiny island of Barbuda, which is politically affiliated with Antigua. Monthly censuses have shown that this species is widespread and abundant in the Activity's remaining small tracts of karst forest.

Possible Aural Detection of the Limpkin

During spring point-count censuses in Mangrove forest, a single, but loud and unmistakable call of the Limpkin (*Aramus guarauna*) was heard by R. Díaz. The identification of the call was further confirmed by a recorded version from *Bird Sounds of the Caribbean*. Because this species has not been officially recorded since 1959, and is believed by many to have been extirpated from the island, except for occasional reports from the "... scattered swampy valleys of the haystack hills in and near Río Abajo State Forest ..." (Raffaele 1983), a thorough search and status report is warranted (see below).

Additional Studies and Involvement of Local Universities

The US Navy has graciously extended project funding for 2 additional years. From the Navy's perspective, the additional research results emanating from the extended funding will complement the wildlife information offered to the public visiting the wetlands inter-

pretive trail along Redman Road within the confines of the North Tract. The additional research results now attainable will also increase the amplitude and usefulness of the habitat management guidelines to be generated from this study, and which also form the main objective of the research phase of the project.

From a conservation, preservation, and community involvement perspective, also of high priority and great importance to the Navy, the additional funds will greatly facilitate the much-needed research and long-term monitoring of these unique and rapidly vanishing forest habitats through the potential participation of local university staff and students. Development of research studies and management programs by faculty and students might include, but certainly not be limited to: (1) The Shiny Cowbird's impact on nesting birds, with emphasis on the Puerto Rican Vireo, Adelaide's Warbler, and closely related icterids, e.g., Greater Antillean Grackle and Black-cowled Oriole (to include continued monitoring of host species' numbers, incidences, and extent of brood parasitism, and reproductive success of both the parasite and its hosts). (2) Status (including spaciotemporal distribution) and reproductive success of the White-crowned Pigeon in karst forest (including surrounding habitats if applicable). (3) Possible occurrence and status of the Limpkin (*Aramus guarauna*) along the north coast (not necessarily limited to the Navy's land holdings). (4) Status (including spacio-temporal distribution, abundance, and breeding of the Yellow-billed and Mangrove Cuckoos in all three sampled forest habitats, including possible physical, biological, and ecological mechanisms that allow the observed sympatry in these two closely related congeners within the two wetlands forest habitats). (5) Status (including spacio-temporal distribution, abundance, and breeding, of the Black-whiskered Vireo and Puerto Rican Vireo in all three sampled forest habitats to assess the observed apparent parapatry [but possibly sympatry] in karst forest in these two closely related congeners. This study could be a spin-off from the "cowbird-vireo" study because the Black-whiskered Vireo is also heavily parasitized by the cowbird [personal observation]).

Project Summary

This project continues to uncover research and management issues that will no doubt greatly influence the Navy's future land-use guidelines and policy regarding the protection and employment of the three sampled forest habitats under its domain. With the allocation of additional funds, research results and management strategies will be more comprehensive and thus more applicable to sound stewardship of the US Navy's managed lands.

LITERATURE CITED

Faaborg, J. and W.J. Arendt. 1990. Long-term studies of Guánica forest birds. Acta Científica 4(1-3):69-80.

Faaborg, J. and W.J. Arendt. 1992. Rainfall correlates of bird population fluctuations in a Puerto Rican dry forest: a 15-year study. Ornitol. Carib. 3:10-19.

Faaborg, J. and W.J. Arendt. 1995. Survival rates of Puerto Rican birds: are islands really that different? Auk 112:503-507.

Faaborg, J., K. Dugger, B. Woodworth, W.J. Arendt, and M. Baltz (in press). Evidence for precipitous declines in the Puerto Rican Vireo of Guánica Forest, Puerto Rico.

Raffaele, H.A. 1983. A guide to the birds of Puerto Rico and the Virgin Islands. Fondo Educativo Interamericano, San Juan, Puerto Rico. 253 p.

WILDLIFE RESEARCH

Robert A. Askins and David N. Ewert
Wildlife Biologists
Connecticut College
and
The Nature Conservancy

During January 1995 we studied the feeding behavior and prey availability of winter-resident warblers on St. John, US Virgin Islands. This study was based on methods developed during a pilot study we completed in 1993 and used successfully in 1994. In addition, we assessed the abundance of winter-resident migrants on St. John, continuing a standardized survey initiated in 1987. Our major goal is to perfect methods for measuring prey availability for winter-resident warblers, in order to: (1) help interpret changes in warbler populations in Virgin Islands National Park and (2) permit comparisons of habitat quality for different habitats and different Caribbean islands.

Leaves were the primary foraging substrate for most species of warblers, so visual surveys of leaf arthropods provided an estimate of prey abundance. Our observations of the feeding behavior of winter-resident birds indicated that, although some species typically forage in the shrub layer, most species forage primarily in the canopy. We therefore sampled leaf insects in both the shrub layer and the canopy in 1994 and 1995.

METHODS

Foraging behavior: We recorded the microhabitats and feeding techniques of foraging warblers. Foraging movements and substrates were recorded using a cassette tape recorder. Foraging heights were determined to within 1 meter with a range finderand clinometer . To insure independence of observations, only information about the first feeding technique observed and the associated substrate were used in statistical analyses of foraging methods. We made observations at 10 different sites to avoid repeatedly recording observations from the same individuals.

Shrub-layer insect abundance: We used a modified version of the visual leaf sampling ("leaf turning") method to sample leaf insects. Because of the great variation in leaf sizes in a tropical forest, we found that it was better to standardize in terms of observation time (number of insects per minute) rather than in terms of the number of leaves sampled (number of insectsper leaf). At each station, we inspected the upper and lower surfaces of all leaves in a line at breastheight during a 2-minute period. Insects, spiders, and snails were counted, and insects were classified to order. We completed surveys at140 stations in moist for est and at 60 stations in dry woodland during both 1994 and 1995.

Canopy insect abundance: We sampled leaf insects in the canopy by raising a net with extension poles and placing it over a branch that was 7 to 8 m above the ground. The net contained a plastic kitchen bag with a drawstring that was pulled tight around the base of the branch to trap flying insects. The branch was cut using pole clippers so that the bag fell to the forest floor. Insects, spiders, and snails on the leaves and in the bagwer ecounted, and insects were classified to order. One canopy sample was taken at each of the 200 stations surveyed for shrub insects.

Bird abundance: We used fixed-radius point counts to estimate the relative abundance of birds at 40 points in moist forest and 22 points in dry forest. Surveys were completed at the same marked points in 1990, 1992, 1993, and 1994, and in the same general locations in 1987. We recorded all birds detected within 25 meters of the survey point during a 10-minute observation period. Surveys were completed between 6:30 and 9:30.

RESULTS AND DISCUSSION

Abundance of migrants: Our surveys indicatethat the overall abundance of winter-resident warblers has declined since 1987. Much of this change is due to the lower abundance of Northern Parula (*Parula americana*), which declined in moist forest from 0.8 per survey point in 1987to 0.3 per survey point in 1995 (fig. 1). Breeding bird survey results indicate that the population of Northern Parulas did not change significantly in the breeding areasin the United States and Canada between 1980 and 1994 (The North American Breeding Bird Survey, Version 94.1, 1995). There were substantial declines in Northern Parulas in Maine and Nova Scotia during this period, however. Perhaps the Northern Parulas that spend the winter on St. John are derived from a breeding population that has declined.

Foraging behavior: The averageforaging heights of the four most abundant species of winter-residents, American Redstart (*Setophaga ruticilla*), Northern Parula (*Parula americana*), Prairie Warbler (*Dendroica discolor*), and Black-and-White Warblers (*Mniotilta varia*), were 7 to 10 m above the ground. Our standard height for sampling canopy insects (7 to 8 m) was determined after analysis of preliminary data on foraging behavior. The canopy insect samples are most likely to sample prey availability for American Redstart, Northern Parula, and Prairie Warbler, all of which usually capture leaf

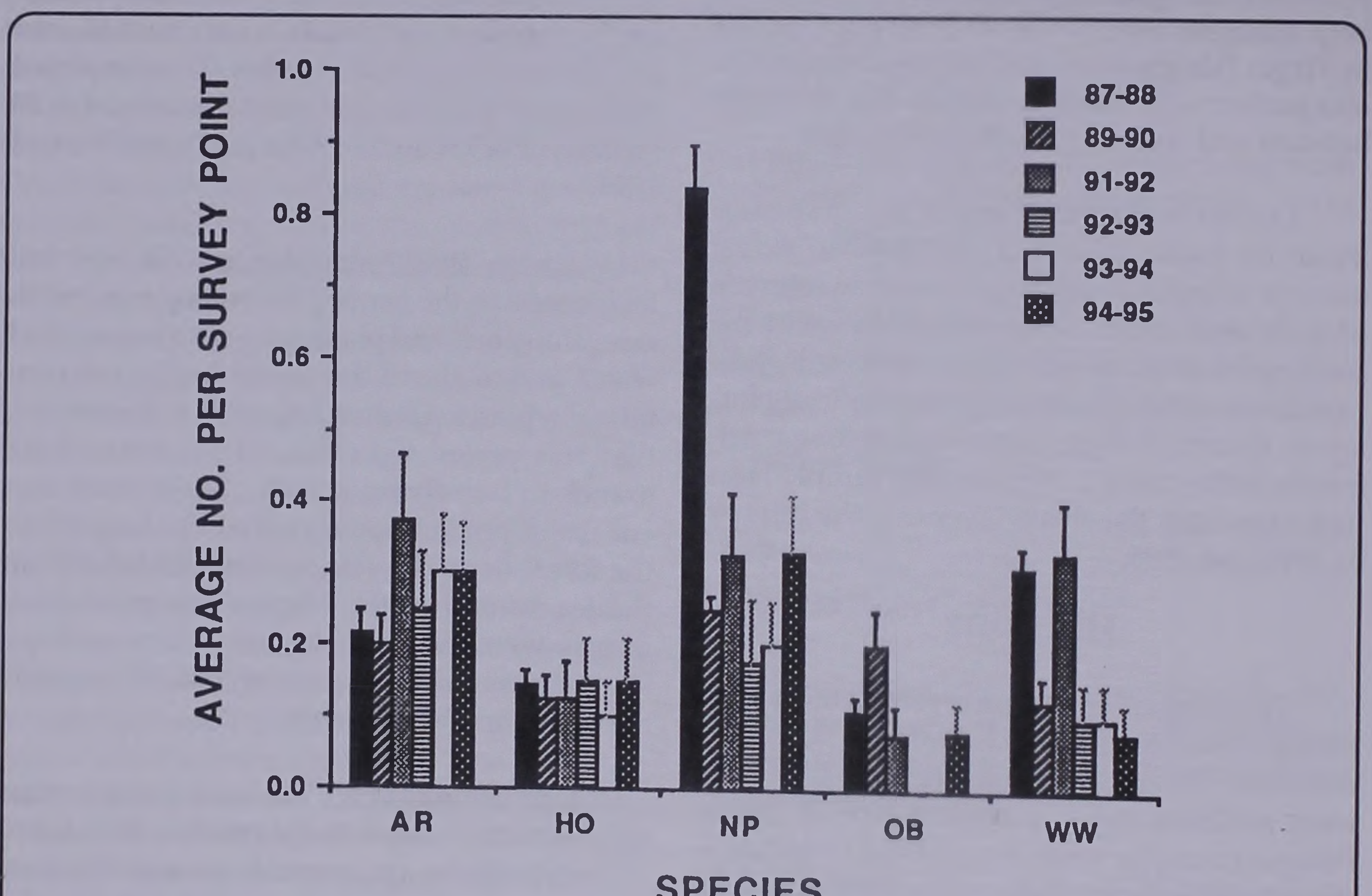


Figure 1. –*Changes in the abundance of the five most frequent species of winter-resident warblers between 1987 and 1995. Abundance is measured as number of individuals per survey point. Species are designated as follows: AR - American Redstart (Setophaga ruticilla), HO - Hooded Warbler (Wilsonia citrina), NP - Northern Parula (Parula americana), OB - Ovenbird (Seiurus aurocapillus), WW - Black-and-White Warblers (Mniotilta varia).*

insects even when they use aerial maneuvers, but are not directly relevant to Black-and-White Warblers, which feed primarily on bark insects. Shrub insectsamples ar e most likely to reflect prey availability for Hooded Warbler (*Wilsonia citrina*), which primarily forages for leaf insects in the understory.

Leaf insects: Both shrub layer and canopy samples indicated that prey are more abundant in moist forest, where most insectivorous migrants are concentrated, than in dry woodland. Densities of insects, spiders, and snails were significantly higher on leaves in moist forest than in dry woodland for both vegetation layers in both 1994 and 1996 (fig. 2).

Densities of individual insects and spiders varied greatly from year to year, with the highest densities in both moist forest and dry woodland in 1994 (figs. 2, 3). The density of migrants was not related to insect densities. The overall density of migrants was lower in 1994 than in either 1993 or 1995, even though insect and spider densities were highest in 1994.

CONCLUSIONS

Although the overall abundance of migrants in Virgin Islands National Park has declined since 1987, this is primarily due to a decline in the abundance of one species, the Northern Parula. Many other species of winter-resident warblers had relatively stable populations between 1987 and 1995. The density of insectivorous winter-resident birds is greater in moist forests, where the abundance of leaf arthropods is high, than in dry woodlands, where the abundance of leaf arthropods is relatively low. However, differences in the abundance of migratory

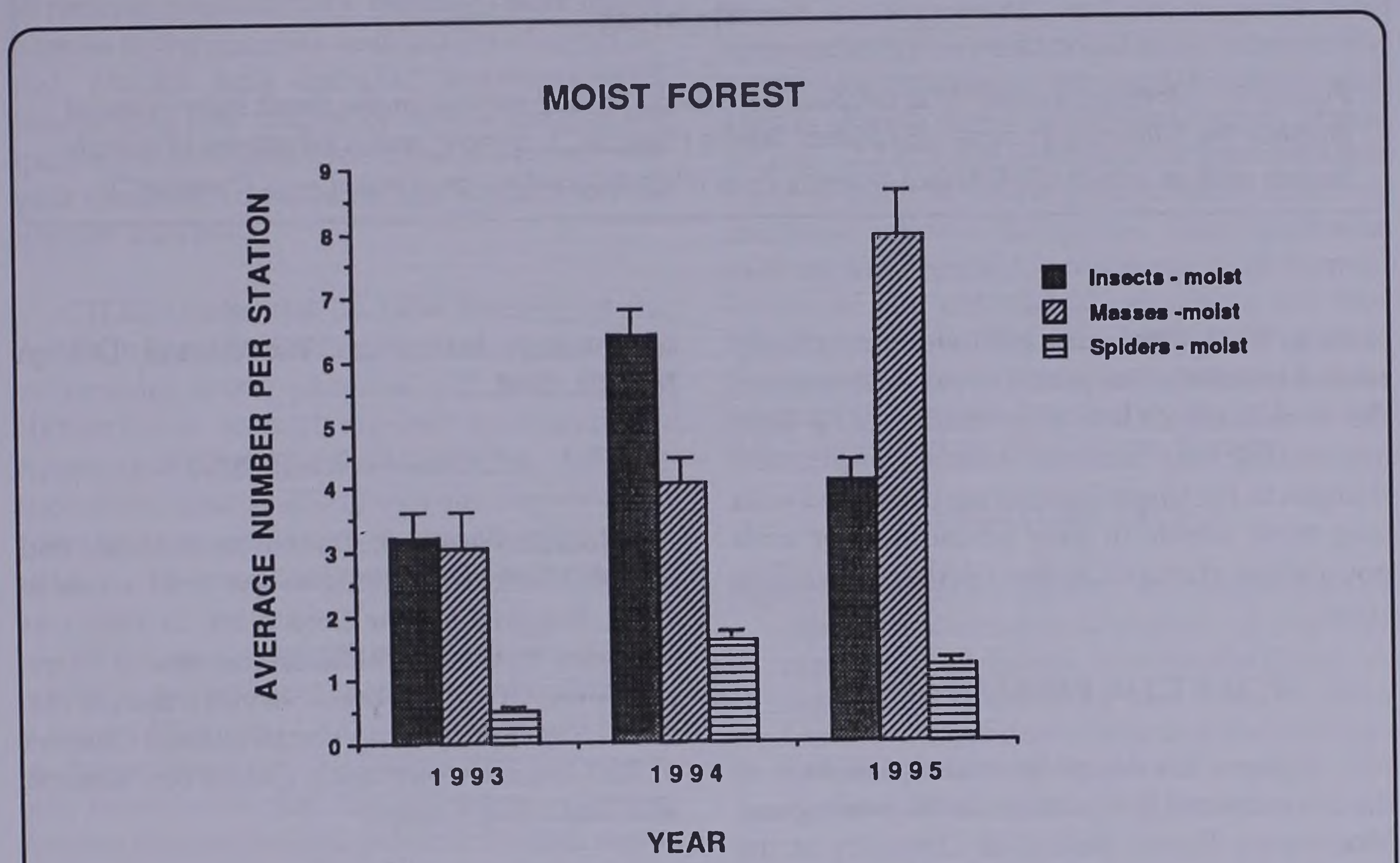


Figure 2. *–Average number of arthropods per station for leaf surveys of the canopy. The average number of arthropods was calculated separately for moist forest ("moist") and dry woodland ("dry"). The arthropod groups are defined in Figure 3.*

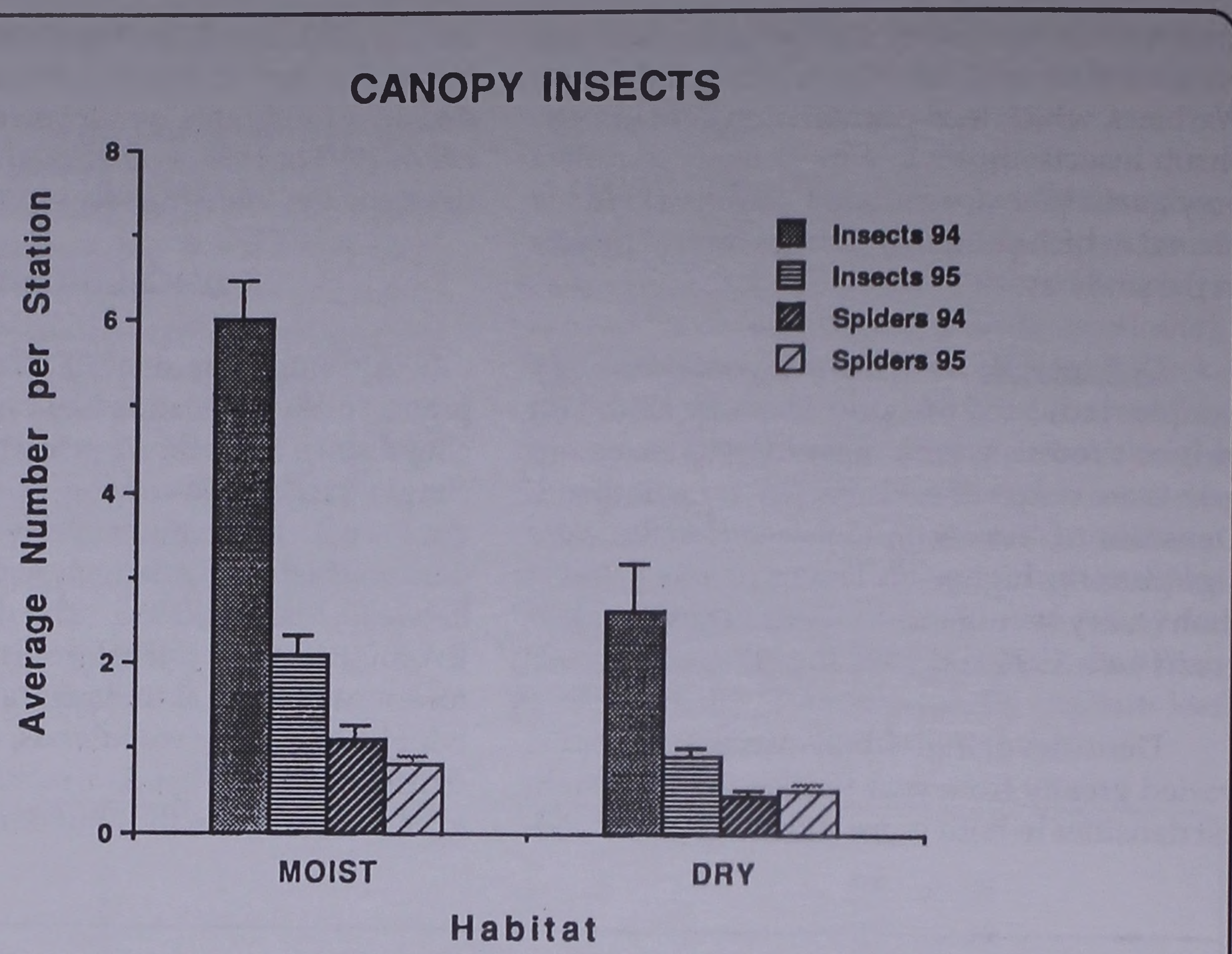


Figure 3. *–Average number of arthropods per station for leaf surveys in the shrub layer in moist forestfor the following gr oups: individual insects ("insects"), spiders; and aggregations of minute insects such as aphids (Aphididae) or mealy bugs (Pseudococcidae), or of insect eggs ("masses").*

birds in 1993, 1994, and 1995 were not clearly related to substantial year-to-year differences in the abundance of leaf arthropods. Long-term monitoring may indicate whether population changes in the Virgin Islands are correlated with long-term trends in prey abundance or with population changes in the northern breeding areas.

SCIENTIFIC PRESENTATION

A paper on this project was presented at the International Symposium on Measuring and Monitoring Forest Biological Diversity at the Smithsonian Institution, Washington, DC, on May 24, 1995.

ACKNOWLEDGMENTS

Joseph Wunderle, Jr., Hunter Brawley, and Joseph Markow assisted in the field work in 1995. Support for the field work in 1995 was provided by the International Institute of Tropical Forestry (USDA Forest Service), the US National Park Service, the Virgin Islands Chapter of the Nature Conservancy, Caneel Bay Resorts, and Maho Bay Camps.

BIG-LEAF MAHOGANY AND CITES

Julio C. Figueroa Colón
Ecologist

Big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) is one of the most commercially important and widely studied of neotropical tree species. Recent proposals for its inclusion within the aegis of the Convention on International Trade in Endangered Species (CITES) have made it the focal point of a multi-tiered debate into the politics of its use and preservation. The efforts to list big-leaf mahogany have proven controversial because of a lack of scientific consensus concerning matters pertaining to its distribution and status. Specific points of contention involve: *genetics* (allegations of the "erosion" of preferred phenotypic expressions of the species' gene pool); *distribution* (discrepancies as to the present range and distribution of natural populations); *growing stocks* (questions as to the quantity and quality of commercial stocks and natural regeneration); *management* (the degree of amenability of the species for sustainable cultural practices); and *trade* (sources, consumers, and impacts on the species' survival).

CITES celebrated its 1994 Meeting of the Parties in Fort Lauderdale, FL. Among the items to consider was a proposal put forth by the Netherlands to add big-leaf mahogany to Appendix II of the Convention. Adding species requires a two-thirds vote. Eighty-three votes were cast: 50 votes in favor, and 33 votes against. The proposal for listing was rejected.

IITF had a very active role in the period leading up to the Meeting of the Parties. A report (Figueroa Colón 1994) was produced in conjunction with the Puerto Rico Conservation Foundation that did not support listing. Among the conclusions presented in this report were: (1) vast forest areas remain that harbor natural populations of big-leaf mahogany, containing large volumes of merchantable wood; (2) the area of protected forests that contain natural populations of the species is also large; (3) the commercial trade in big-leaf mahogany represents a small fraction of the available merchantable stocks; (4) tree growth offsets removal such that current demands could be satisfied with adequate management of present reserves; (5) natural and artificial regeneration of big-leaf mahogany can be very prolific; (6) given the wide distribution and ecological plasticity of the species, the low rate of commercial extraction, the abundant regeneration, and the stochastic process of tree growth, it is unlikely that genetic erosion will occur as a result of logging activities; (7) no evidence was found to indicate whether, or to what extent, genetic erosion has occurred; (8) many factors affect the status of big-leaf mahogany, including in-country problems within its natural distribution such as deforestation, lack of forest management, and inadequate law enforcement; (9) international trade accounts for a very low fraction of the available stock and annual growth rate of natural mahogany populations; and (10) the regulation of international trade by itself will have little positive effect on the conservation of the species. This report was used by the Federal Government in its formulation of the official US position for the Meeting of the Parties. Also, a paper (Figueroa Colón and Lugo, in press) was presented at an international meeting on mahogany in London (UK) organized by the Linnean Society.

LITERATURE CITED

Figueroa Colón, J.C. 1994. An assessment of the distribution and status of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). A report sponsored by the Puerto Rico Conservation Foundation and the International Institute of Tropical Forestry. Río Piedras, Puerto Rico. 25 p + maps.

Figueroa Colón, J.C. and A.E. Lugo (in press). Big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King): points of contention concerning its listing in Appendix II of CITES. The Botanical Journal, The Linnean Society of London.

FUNGAL DIVERSITY IN TROPICAL FORESTS

D. Jean Lodge
Research Botanist
Forest Products Laboratory

Cultures of fungi from the Forest Products Laboratory (FPL) culture collection are routinely screened for production of enzymes and pharmaceuticals, and as agents for biopulping of wood and bioremediation of toxic chemical spills. We have been working with various collaborators to determine what environmental and disturbance factors are correlated with fungal diversity in order to better manage these resources, and to optimize collecting strategies for bioprospecting. Basidiomycete decomposers of leaf litter only rarely show strong host preferences (Lodge, in press). In contrast, among the ascomycetous fungi, half of the Xylaria species that fruit on leaves and fruits were host-specific for certain genera or families of plants (Laessøe and Lodge 1994; Lodge and Laessøe 1995; Lodge, in press; Laessøe, Lodge and Rogers, in prep.). Similarly high levels of host-preference were found among microfungi (primarily ascomycetes) that decompose leaf litter through a collaborative research project with Merck Research Laboratories (Polishook *et al.* 1996). We found a 58-percent non-overlap in species composition of microfungi that were isolated from leaf litter of two different tree species occurring in mixtures on the forest floor. These data suggest that bioprospectors can maximize diversity of microfungi for their screening programs by targeting a diversity of tree species or leaf types. Sampling from areas separated by at least 50 m also increased significantly to the total number of species recovered.

The collaborative study with Polishook and Bills from Merck Research Laboratories led to a protocol for obtaining a complete inventory of the culturable microfungi in leaf litter of a tropical rain forest (Polishook *et al.* 1996; Lodge, in press). In previous attempts using mixed leaf litter samples, the overlap in fungal species composition among samples was so low that total species richness could not be estimated (Lodge and Cantrell 1995a). A study of spatial patterns in leaf decomposing basidiomycete fungi in the Luquillo Experimental Forest and amazonian Ecuador gave rise to new sampling protocols for estimating diversity in these fungi (Lodge and Cantrell 1995a,b). Methods for assessing macrofungal diversity in both temperate and tropical forests were compiled in a methods manual for fungal diversity assessment and monitoring (O'Dell *et al.* and Burdsall *et al.* in review).

Specificity among leaf-decomposer fungi was not generally attributable to fungi that had colonized the live leaves (i.e., non-pathogenic endophytes and quiescent infections of pathogens). Lodge *et al.* (1996) found 23 species of fungal endophytes in live leaves of a *Manilkara bidentata* tree located directly above one of the two Polishook *et al.* litter sample plots. However, only five of these spp. were also found in the decomposing Manilkara leaves. Two of these (*Phomopsis manilkarae* and *Phyllosticta sapotae*) might be host-restricted, but the three *Xylaria* spp. are common in many hosts. Thus, only two of the more than 204 species of fungi in decomposing leaves of *Manilkara* found by Polishook *et al.* (1996) originated in the live leaves and are also likely to be host-specific.

Dr. Sabine Huhndorf studied patterns of diversity in small ascomycetous fungi on wood for 1 year at El Verde, with funding from a USDA Forest Service/National Research Council post-doc. In contrast to the strong host-preferences observed among ascomycetes that decompose leaf litter, only one of 350+ species on wood was host-specific: *Schizoparme botryiidis* on *Buchenavia capitata*. Among the xylariaceous ascomycetes on wood, we found only 3 -8 out of about 100 species that either had strong host-preferences or belonged to a genus that is known to have high host-specificity (Laessøe and Lodge 1994; Lodge and Laessøe 1995; Huhndorf and Lodge, unpublished; Lodge, in press). Dr. Huhndorf did find strong

preferences for particular diameter and decay classes of wood, as well as for different microhabitats (e.g., wood on the ground versus suspended <1m, or >1m above ground). Many undescribed species and one undescribed genus were discovered.

The combined actions of natural and anthropogenic disturbances were found to affect fungal diversity. Drs. S. Stevenson and J. Landolt found only one species of dictyostelid slime mold in leaf litter of the Hurricane Recovery Plot (HRP) at El Verde in an area that had 80 to 100 percent forest cover in aerial photographs taken in 1936, versus eight species in an area that had only 50 to 80 percent forest cover in 1936. These slime molds prey on bacteria. Willig *et al.* (1996) also found a higher functional diversity and activity of the bacterial prey in the more disturbed part of the grid. In contrast to the two studies above, S. Huhndorf found almost twice as many species of small ascomycetes on wood per plot in the less disturbed part of the grid. Furthermore, the species that were restricted to the more disturbed area were usually "weedy" common species, we do not know if total diversity of small ascomycetes diffesed among land-use histories because communities were not sampled sufficiently. In all three studies cited above, the effects of land-use history cannot be separated from the effects of Hurricane Hugo in 1989. Prior human disturbance had favored an abundance of trees, such as *Cecropia schreberiana* and *Casearia arborea*, that were much more susceptible to hurricane damage than the late-successional species and dominants, such as *Dacryodes excelsa* and *Sloanea berteriana* (Zimmerman *et al.* 1994).

LITERATURE CITED

Burdsall, H.H. Jr., D.J. Lodge, S. Huhndorf, and J. Stoklund (in review). Survey of mycodiversity of woody substrates. (Authorship may change as text is transferred among chapters) *In:* Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Fungi (G.M. Mueller, editor). Smithsonian Univ. Press. Submitted.

Laessøe, T, and D.J. Lodge. 1994. Three host-specific Xylaria species. Mycologia 86:436-446.

Lodge, D.J. Factors related to diversity of decomposer fungi in tropical forests. Biological Conservation, in press.

Lodge, D.J., P.J. Fisher, and B.C. Sutton. 1996. Endophytic fungi of *Manilkara bidentata* leaves in Puerto Rico. Mycologia 88:733-738.

Lodge, D.J. and S. Cantrell. 1995a. Fungal communities in wet tropical forests: variation in time and space. Can. J. Bot 73 (Suppl.): S1391-S1398.

Lodge, D.J. and S. Cantrell. 1995b. Diversity of litter agarics at Cuyabeno, Ecuador: calibrating sampling effort in tropical rain forest. The Mycologist 9:149-151.

Lodge, D.J. and T. Laessøe. 1995. Host preference in *Camillea verruculospora.* The Mycologist 9:146-148.

O'Dell, T., J. Ammirati, and D.J. Lodge. Survey of forest floor macromycetes. (Authorship may change as text is transferred among chapters) *In:* Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Fungi (G.M. Mueller, editor). Smithsonian Univ. Press. Manuscript in review.

Polishook, J.D., G.F. Bills, and D.J. Lodge. 1996. Microfungi from decaying leaves of two rain forest trees in Puerto Rico. J. Industrial Mycology 17:284-294.

Willig, M.R., D.L. Moorhead, S.B. Cox, and J.C. Zak. 1996. Functional diversity of soil bacterial communities in tabonuco forest: interaction of anthropogenic and natural disturbance. Biotropica 28(4a):471-483.

Zimmerman, J.K., E.M. Everham, III, R.B. Waide, D.J. Lodge, C.M. Taylor, and N.V.L. Brokaw. 1994. Responses of tree species to hurricane winds in subtropical wet forest in Puerto Rico: implications for tropical tree life histories. Journal of Tropical Ecology 82:911-922.

WHERE DOES N_2O COME FROM?

Michael Keller
Research Physical Scientist

In many ways, nitrous oxide (N_2O) is a forgotten greenhouse gas. Its rate of increase, 0.3 percent per year during the 1980's, does not sound terribly shocking. Its sources are poorly known and the prospects for "instant gratification" following possible controls of N_2O emissions are small because of its 150-year atmospheric lifetime. From another vantage, the long atmospheric lifetime of N_2O gives each additional molecule emitted to the atmosphere a large global warming potential. The effects of increasing concentrations of atmospheric N_2O will be with us for a long time.

Our ignorance of N_2O sources and sinks is troubling. The current budget is seriously unbalanced. Sources (14 Tg-N/yr) exceed sinks (10 Tg-N/yr) by 40 percent. Data from polar ice cores show that N_2O concentrations in the pre-industrial atmosphere hovered around 280 ppb. Today the concentration exceeds 310 ppb. Where does the excess contribution to the N_2O budget come from? Based on numerous measurements, we know that fossil fuel combustion cannot be a major source. Other industrial processes such as the manufacture of adipic acid (for nylon) and nitric acid contribute perhaps 1/8 of the imbalance.

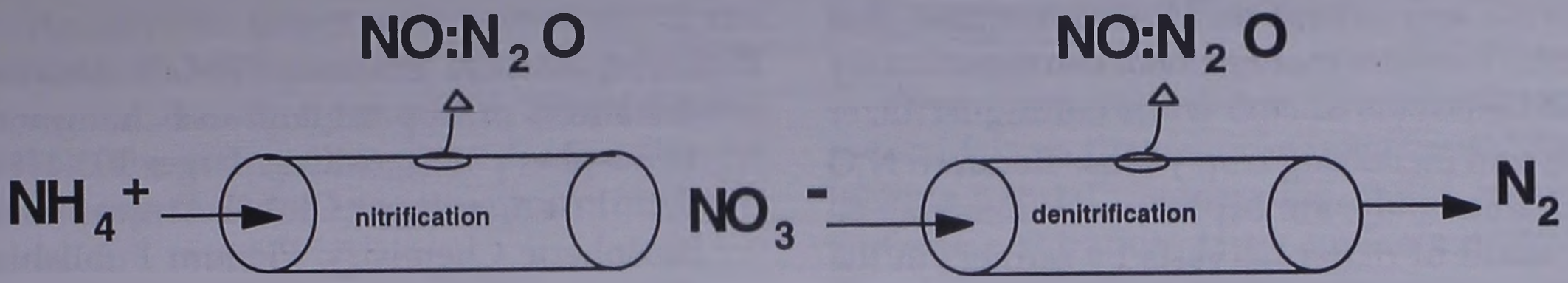
Looking to the natural biological sources of N_2O gives us strong hints about where to find the perturbed sources. N_2O is formed by microbial processes. For soil processes, which produce about 2/3 of the natural N_2O, the "Hole-In-the-Pipe" conceptual model (fig. 1) relates the total amount of N_2O released through "leaks" in the pipe directly to the overall "flow" of N through the pipe. The size of the leaks may be controlled by a number of soil properties, chief among them soil moisture content. From our understanding of terrestrial ecology, we know that most temperate ecosystems are nitrogen-poor. In contrast, many natural tropical ecosystems are nitrogen-rich, and recent budgets suggest that while unmanaged temperate and boreal ecosystems produce about 1.2 Tg N_2O-N annually, unmanaged tropical ecosystems produce four times as much: 4.8 Tg annually.

What happens when these ecosystems are disturbed? Disturbance of the temperate ecosystem generally does not lead to large releases of N_2O because nitrogen is in short supply. In contrast, large N_2O emissions have been observed following natural (e.g., hurricanes) and anthropogenic disturbances of tropical forest. Figure 2 shows findings from a study of N_2O release from a sequence of pastures at various times following deforestation. Because forest-to-pasture conversion is a dominant land use in tropical America, this effect may account for 1/10 of the annual global imbalance of N_2O.

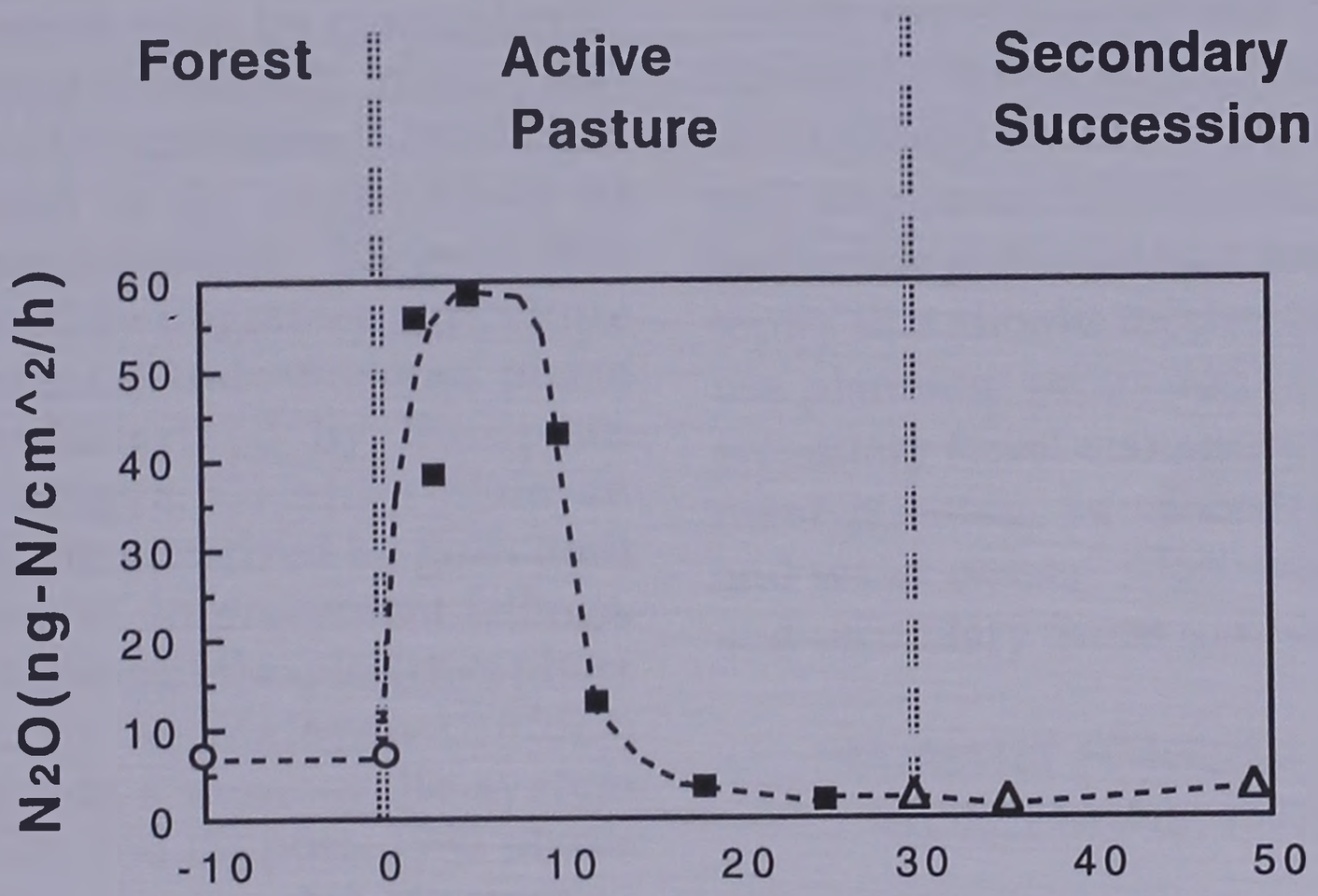
While forest disturbance is important, we need to look for higher flows in our plumbing if we are going to find a big enough leak. Big flows of nitrogen can be found wherever farmers are applying nitrogen fertilizer to fields and also where domestic animals are kindly returning much of what they take in. The annual use of nitrogen fertilizer, about 80 Tg-N, is now greater than natural biological nitrogen fixation. It has been known for two decades that fertilizer use increases nitrous oxide emissions from farm soils. Fertilizer use in the developed world appears to have reached a plateau. In contrast, in the developing world (a near synonym for the tropical world), fertilizer use nearly doubled during the 1980's. Moreover, we have indications that the same amount of nitrogen fertilizer yields more nitrous oxide under tropical conditions than under temperate conditions.

Is the world faced with agonizing decisions pitting food production against atmospheric change? Not necessarily. Through improved

HOLE IN THE PIPE MODEL



Firestone and Davidson 1989



fertilizer management, we may be able to readjust the nitrogen plumbing with the help of plants. We need to design agronomic systems for the tropics that reduce the nitrogen flow through the pipe by directing more fertilizer to the crops and less to the microbes that make N_2O. Results from studies of sugar cane in Hawaii and wheat in Mexico suggest that careful fertilizer management can significantly limit emissions of N_2O while cutting fertilizer costs and increasing crop yields. Reduced N_2O emissions to the atmosphere may someday be the result of richer harvests by farmers in the tropics.

LITERATURE CITED

Bouwman, A.F., K.W. Van der Hoeck, and J.G.J. Olivier. 1995. Uncertainties in the global source distribution of nitrous oxide. Journal of Geophysical Research 100:2785-2800.

Firestone, M.K. and E.A. Davidson. 1989. Microbiological basis of NO and N_2O production and consumption in soil. Pages 7-21 *in* M.O. Andreae and D.S. Schimel, editors. Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere, John Wiley and Sons, New York.

Keller, M. and P.A. Matson. 1994. Evaluating the effects of tropical land-use changes on atmospheric composition. Pages 103-118 *in* R.G. Prinn, editor. Global Atmospheric-Biospheric Chemistry, Plenum Publishing Company, New York.

Keller, M. and W.A. Reiners. 1994. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide, nitric oxide, and methane under secondary succession of pasture to forest in the Atlantic lowlands of Costa Rica. Global Biogeochemical Cycles 8:399-409.

RESEARCH ACTIVITIES

Peter L. Weaver
Research Forester

SECONDARY FORESTS

An invited paper was presented at the International Symposium/Workshop held in Santarém, Brazil, April 18-22, 1993 (Weaver 1995a). The main points of the presentation on secondary forest management are outlined below.

By 1990, half of the tropics (900 million hectares or about 1.1 times the size of Brazil) was in secondary forests. Latin America alone has 335 million hectares in secondary forests (about 1.2 times the size of Argentina). While primary tropical forests continue to disappear, consumption of tropical hardwoods is projected to double during the last quarter of the 20th century. Potential problems associated with these trends are loss of the $8 billion trade in tropical timbers, global warming, climatic change on a regional basis, loss of biodiversity, and degradation of soil and water resources.

Secondary forests may be conveniently divided into residual (previously logged) and volunteer (arising after agriculture). Five stages may be recognized in the long history of residual forest management: (1) pre- 1850 phase, characterized by migratory agriculture and fallow forests; (2) Indo-Burman phase (1850-1900), characterized by European techniques and taungya; (3) Africa-Malayan phase (1900-1950), characterized by girth limit selection, shelterwood, improvement fellings, and enrichment plantings; (4) exploitative phase (1950-1980), where the Malayan Uniform System and Uganda's monocyclic system gained prominence; and (5) post- 1980 phase, characterized by environmental concerns as well as continual degradation of tropical forests. Throughout these different phases, logger selection (removing the best timber without subsequent management) was a prevalent extraction method. The long record of management experience in residual secondary forests contrasts with limited experience in managing volunteer secondary forests.

Secondary forests are characterized by several factors that favor management. These include natural regeneration, rapid recovery and site restoration, fairly uniform compositions including some species of economic value, and proximity to markets. In contrast, uneven regeneration, numerous undesirable species, variable growth form, and a possible delay before silviculture is feasible, cause problems for management. Despite the slow volume increment of commercial timber, the management of residual tropical forests has been successful. Most failures have been due to political, economic, social, or administrative problems.

At least 14 management projects in Latin America are concerned with sustained yield of forest products. These projects, however, are mainly experimental and of relatively short duration. Future attempts at secondary forest management should build on past experience and emphasize conservation of the resource base while yielding forest products. Among the topics that should receive attention are: land-use planning, protection of genetic resources, secondary forest management systems, enrichment planting, agroforestry, plantations, soil and water conservation, wildlife, eco-tourism, and secondary forest industries.

SUMMIT FORESTS, LUQUILLO MOUNTAINS, PUERTO RICO

A book chapter was written on the forests above 600 m in elevation in the Luquillo Mountains of northeastern Puerto Rico for the celebration of the IITF's 50th anniversary (Weaver 1995b). The highlights of that chapter follow.

The colorado and dwarf forests of the Luquillo Mountains, occurring above the 600-m cumulus base of the trade winds, are frequently enveloped in clouds. Structurally, the forests are small, dense, and floristically impoverished when compared to lower elevation forests. Dynamically, tree growth (diameter at breast height, woody volume, and biomass accumulation), litterfall, herbivory rates, litter turnover, and total aboveground net primary productivity are low compared to other tropical forests. Normal climatic conditions characterized by fog and heavy rainfall, accompanied by saturated soils, retard the mineralization of organic matter and slow the forest's growth and development. Recovery from occasional disturbances caused by hurricanes or human activities takes from several decades in the colorado forest to a century or more in the dwarf forest.

ST. JOHN, US VIRGIN ISLANDS

Regression equations derived from data on 20 trees of 17 species sampled in the subtropical moist forests of St. John, US Virgin Islands, and Cambalache Forest, Puerto Rico, were used to assess pre-hurricane biomass changes as well as the impact of Hurricane Hugo in St. John's Cinnamon Bay watershed (Weaver 1994). Total aboveground biomass change for 16 plots each 0.05 ha in size, stratified by elevation and topography within the watershed, was 139.4 t ha^{-1} in 1983 and 150.4 t ha^{-1} in 1988. Pre-hurricane rates of total aboveground biomass change were: ingrowth, 0.41 t ha^{-1} yr^{-1}; mortality, 0.78 t ha^{-1} yr^{-1}; accumulation on residual stems, 2.58 t ha^{-1} yr^{-1}; and total biomass accumulation, 2.20 t ha^{-1} yr^{-1}. Trees affected by Hugo (snapped, uprooted or standing dead) averaged 210 ha^{-1} and 288 ha^{-1} after 10 and 19 months, respectively. Total aboveground biomass transferred to coarse woody debris was estimated at 13 t ha^{-1} 10 months after Hugo and 15.7 t ha^{-1} 19 months after the storm.

LITERATURE CITED

Weaver, P.L. 1994. Effects of Hurricane Hugo on trees in the Cinnamon Bay watershed, St. John, US Virgin Islands. Caribbean Journal of Science 30(3-4):255-261.

Weaver, P.L. 1995a. Secondary forest management. Pages 117-128 *in* J.P. Parrotta and M. Kanashiro, editors. Management and rehabilitation of degraded lands and secondary forests in Amazonia. Proceedings of an international symposium/workshop, Santarém, Pará, Brazil, April 18-22, 1993. International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service, Río Piedras, Puerto Rico.

Weaver, P.L. 1995b. The colorado and dwarf forests of Puerto Rico's Luquillo Mountains. Pages 109-141 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag. New York.

OTHER ACTIVITIES

Carlos M. Domínguez Cristóbal
Biological Technician

During the period from the first of October 1994 to September 30, 1995, my position expanded to include the following areas: biological technician, speaker and historian. These modifications were made to my position in order to better accommodate the needs of students and the general public for knowledge of the different themes in Puerto Rican forest history.

Under these new circumstances, I organized a series of lectures and conferences for some facilities of the Public Education System of Puerto Rico and also some university level institutions. The principal themes of discussion were the importance of the forest and diverse aspects of the history of forests in Puerto Rico. The universities that hosted these lectures were: University of Puerto Rico at Río Piedras, Ponce, and Humacao campuses; the Agricultural and Mechanical Arts College of Mayagüez; and the Pontificial Catholic University of Puerto Rico, Ponce campus.

Participation with the public and private schools of Puerto Rico was greater for this year and included:

Dr. Pedro Albizu Campos High School, Levittown.
Republic of Colombia High School, Río Piedras.
Pablo Colón Berdecía High School, Barranquitas.
Luis Muñoz Rivera High School, Utuado.
Santo Tomás de Aquino Academy, Bayamón.
Baldwin School, Bayamón.
Second Unit of Pesas (Francisco Serrano), Ciales.
Rafael Cordero Intermediate School, Trujillo Alto.
Juan Ramón Ocasio Elementary School, Guaynabo.
Hato Viejo Elementary School, Ciales.
Paraíso Infantil Private School, Canóvanas.

Community-based activities were supported by the following municipalities:

Adjuntas:	(Town House Project). First phase of a cooperative study dealing with the use and property of a forest tourist zone between the areas of Saltillo and Vacas.
Arecibo:	First phase of an historical forestry study on the shield of Capitán Correa Town and the historical motto "Very Loyal."
Ciales:	Selection of a municipal flower, tree, and bird in commemoration of the 175th Anniversary of Foundation.
Dorado:	First phase of a project that deals with historical trees and the eventual establishment of a Puerto Rican Native Tree Park.
Humacao:	Participation in the First Environmental Festival (Public Plaza).
San Juan:	Forest orientation offered to the Boy Scouts, Troop 820 (The Cavemen) of Puerto Nuevo.
Loíza:	Community participation in the Piñones sector that deals with the evaluation of the State Office for Historic Preservation declaring Vacía

Talega-Piñones an archeological district.

Orocovis: Initiation of a project to select a municipal tree, flower, and bird (in collaboration with the Municipal Administration).

The development of some special projects (forest history) made significant progress. Under this perspective, the House of Representatives of Puerto Rico, Culture and Education Commission, requested our cooperation in the possible amendment of Project 883 (selection of a national tree, flower and bird of Puerto Rico).

Collaboration with the Puerto Rico Conservation Trust and the Environmental and Natural Resources Department had positive results. The historic investigation that deals with the uses and properties of the San Cristóbal Canyon explored the importance of documents on the canyon belonging to the Agriculture Department of Puerto Rico. They are considered very important to the new vision of investigation in the present century. On the other hand, my presentation of results on the Maricao Forest, in a symposium promoted by the Department of Natural Resources and the Environment, offered an opportunity to demonstrate the progress that has been made in the study of the history of Puerto Rican state forests.

International activities were carried in the following countries:

Spain (National Historic Archives - Madrid), Costa Rica, and Guatemala. (In the latter two countries we made an historical agreement that deals with the national trees of the Caribbean and Latin America).

My principal tasks as biological technician were in the Luquillo Experimental Forest (wood decomposition study) and in two areas of forestry research pertaining to the mountainous zone of Puerto Rico, in collaboration with Luis Muñoz Rivera High School, Utuado, and Pablo Colón Berdecía High School, Barranquitas.

WATHERSHED RESEARCH

Fred N. Scatena
Hydrologist

During 1995, the previous year's severe drought ended and rainy conditions returned to the Bisley Experimental Watersheds (fig. 1). An exceptionally high level of hurricane activity in the region caused some localized damage to the forests of the Bisley watersheds (fig. 2). The year also marked the issuance of a number of publications on the dynamics of the Bisley forests (Scatena 1995, Scatena and Lugo 1995), a Springer-Verlag ecological studies series on Tropical Montane Cloud Forests (Hamilton *et al.* 1995), and research on the pedogenesis of landslide scars in the Luquillo Experimental Forest (Zarin and Johnson 1995). In addition, the IITF helped sponsor a special session on the management of tropical montane streams at a meeting of the International Association of Geomorphologists and presented several papers at a Smithsonian Institution-sponsored symposium on monitoring forest biological diversity. Several papers using data from the Bisley Experimental Watersheds were submitted for consideration for a special issue of Biotropica on disturbance and recovery of Caribbean Forests.

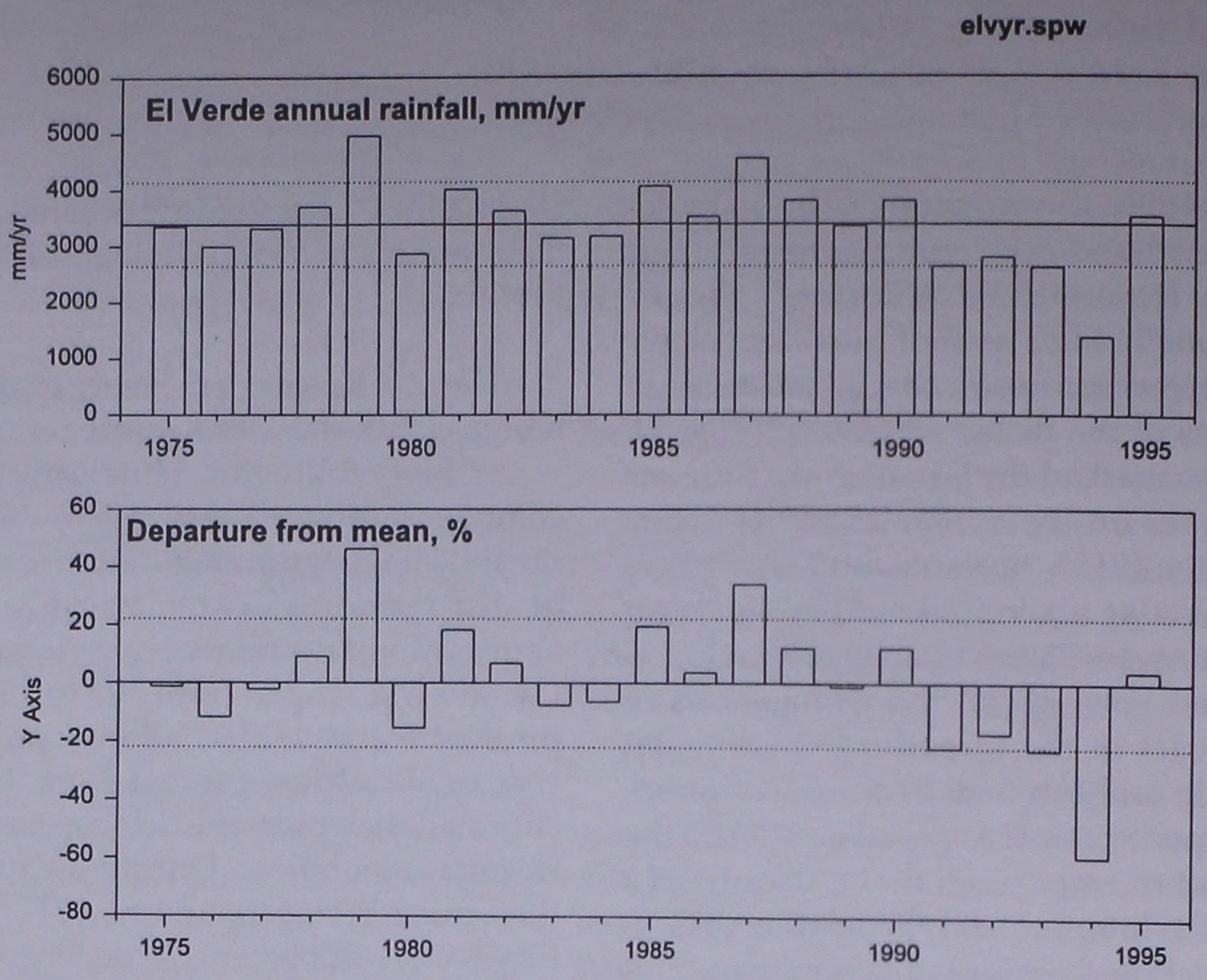
Along with the increase in hurricane activity, we saw a notable increase in the activities of students and cooperators during the year. Andrés García completed his master's degree at the University of Connecticut (García 1995) and submitted three papers dealing with rainfall, low flow runoff, and application of the Geographic Information System to management issues in the LEF (García *et al.* 1996 a and b). S.J. Doherty of the University of Florida and E.M. Everham III of the State University of New York completed their Ph.D. programs. Two master's degree projects were initiated: one on the regeneration of abandoned roads by Catherine Heyne of the University of Nevada, and one on the influence of sewage effluent on rainforest species by Robert Kent of the University of Florida. Jaap Schellekens and his major professor, L.A. Bruijnzeel of the Free University of Amsterdam, visited to work on their studies of the hydrology of the Luquillo Mountains.

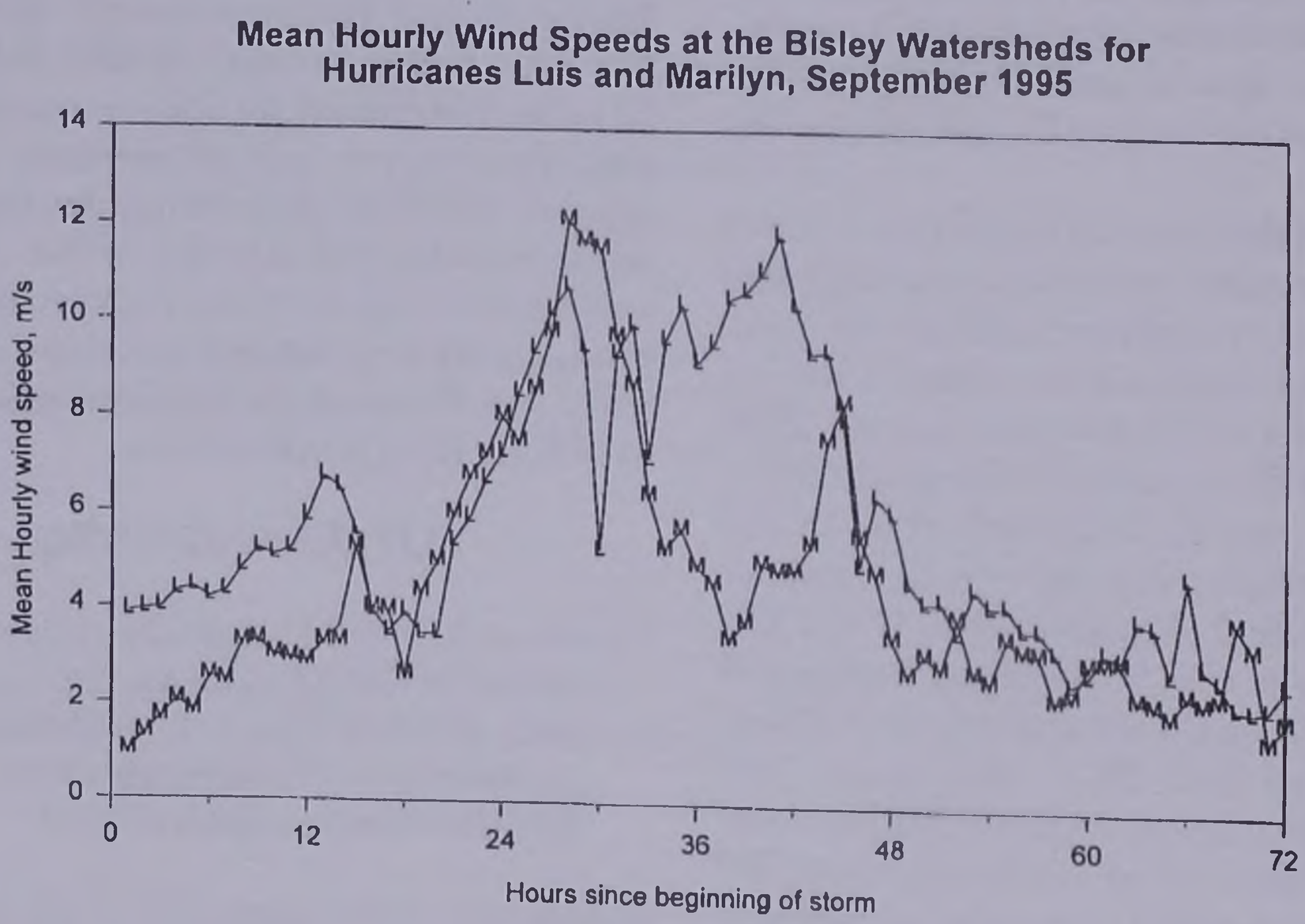
The first 5 years of recovery of aboveground biomass, litterfall, and nutrients in the Bisley watersheds following Hurricane Hugo were completed (Scatena *et al.* 1996). After 5 years the total aboveground biomass was 86 percent of the pre-hurricane value. However, aboveground nutrient accumulation of N, P, K, Ca, and Mg ranged from 102 to 161 percent of pre-hurricane values. These post-storm increases in nutrient content were due to the accumulation of nutrient-rich tissues of post-hurricane regeneration. During the fifth year, median daily litter fall, and N, P, K, Ca, and Mg fluxes were 96 percent, 70 percent, 106 percent, 96 percent, and 99 percent of their pre-hurricane values, respectively. Rates of biomass accumulation and net productivity peaked during the second year of recovery. Net productivity per unit of nutrient uptake peaked after 30 to 36 months, while aboveground nutrient accumulation per unit of nutrients cycled by litterfall stabilized after 36 months (fig. 3). The rapid response and recovery of this ecosystem, and the time lags between peaks in the rates of productivity and nutrient use, indicate its resiliency and the multiple mechanisms it can use to recover from a disturbance.

LITERATURE CITED

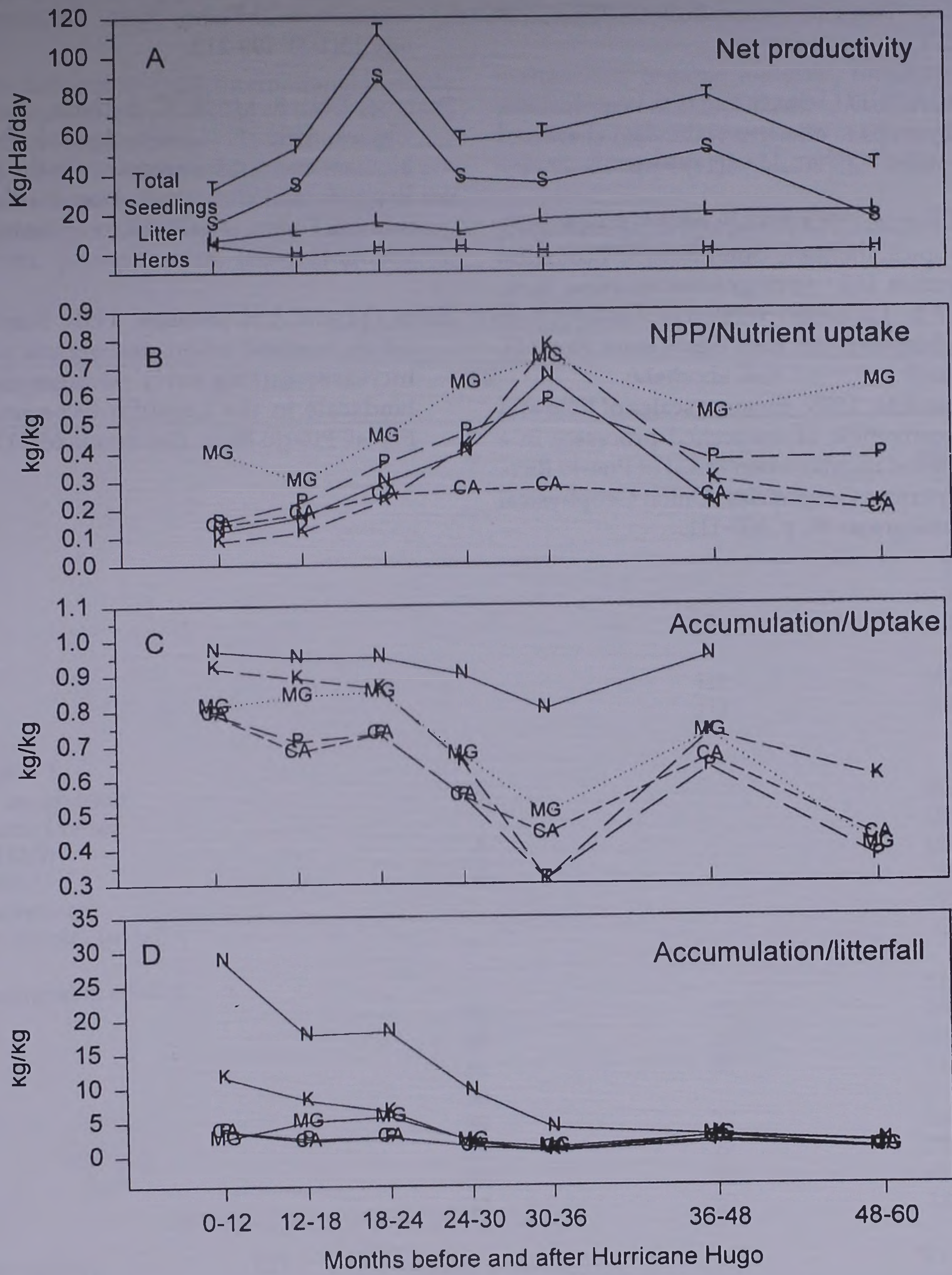
García, A.R. 1995. Use of GIS for low flow prediction in humid montane regions in Puerto Rico. Masters Thesis. Department of Natural Resources Management and Engineering, University of Connecticut.

García, A.R., G.S. Warner, F.N. Scatena, and D.L. Civco. 1996a. Rainfall, runoff, and elevation relationships in the Luquillo Mountains of Puerto Rico, Caribbean Journal of Science 32(4):413-424.





Hurricane Luis passed island Sept 5 and Sept 7, 1995
Hurricane Marilyn passed between Sept 16 and Sept 18, 1995


A
Net productivity
Kg/Ha/day
120
100
80
60
40
20
0
Total
Seedlings
Litter
Herbs
B
NPP/Nutrient uptake
kg/kg
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0
MG
P
CA
K
N
C
Accumulation/Uptake
kg/kg
1.1
1.0
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
D
Accumulation/litterfall
kg/Kg
35
30
25
20
15
10
5
0
0-12
12-18
18-24
24-30
30-36
36-48
48-60
Months before and after Hurricane Hugo

García, A.R., G.S. Warner, F.N. Scatena, and D.L. Civco. 1996b. Use of GIS for low flow prediction in humid montane regions in Puerto Rico. Water Resources Bulletin 32(6):1259-1271.

García, A.R., D.L. Civco, and G.S. Warner. 1995. Key steps to effective watershed characterization. GIS World. 8(11):5 pp.

Hamilton, L.S., J.O. Juvik, and F. Scatena. 1995. Tropical montane cloud forests. Ecological Studies 110. Springer-Verlag, New York. 407 p. [an earlier version of this book was published by the East-West Center, Hawaii].

Scatena, F.N. 1995. Relative scales of time and effectiveness of watershed processes in a tropical montane rain forest of Puerto Rico. American Geophysical Union Geophysical Monograph 89, p. 103-111.

Scatena, F.N. and A.E. Lugo. 1995. Geomorphology, disturbance, and the soil and vegetation of two subtropical wet steepland watersheds of Puerto Rico. Geomorphology 13(1-3): 199-213.

Scatena, F.N., S. Moya, C. Estrada, and J.D. Chinea. 1996. Five years of post hurricane biomass and nutrient recovery in the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 28(4A):414-423.

Zarin, D.J. and A.H. Johnson. 1995. Base saturation, nutrient cation, and organic matter increases during early pedogenesis on landscale in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Geoderma 65:317-330.

CHEMISTRY LABORATORY

Mary Jeane Sánchez
Chemist

The laboratory at the International Institute of Tropical Forestry consists of three chemists and a part-time student. This laboratory has the capacity to analyze total nutrients and trace elements in soils and vegetation. Some of the analyses done routinely are: aluminum, calcium, phosphorous, iron, magnesium, manganese, organic material, nitrogen, and potassium. Also analyzed, but with less frequency, are microelements such as cobalt, copper, chromium, nickel, and sodium.

For summaries of types and quantities of analyses refer to the following tables.

Report Soils Analyses 1995

Investigator	Lou-Brazil	ISE	Methods Test	Total
N		7	123	220
P				1
K				1
Ca				2
M				1
Fe				1
Mn				1
Al				1
C			111	167
S			111	167
% Ash				6
Loss on ignition		8		269
Organic Matter				208
pH(H2O)		4		186
pH(KC1)		4		89
% Moisture				97
Bulk density (g/cc)				68
exchangeable acidity				619
K		96	27	769
Ca		49	35	1038
Mg		59	30	812
Na		30		222
P		89	27	683
Mn		74	27	733
Fe		52	30	827
Al		32	30	136
Ammonium	123			3786
Nitrate	185			5956
Total	308	504	551	17066

Report Plants
October 1994 - August 1995

Investigator	Lugo	Scatena	Álvarez	Fu Sheinglei	Medina	Frangi	Jones	Lab Central	Methods Test	Total
N	425	1117	222		24	69	1		155	2013
P	394	390	199		24	37				1044
K	427	416	199		38	61				1141
Ca	448	394	205		34	37				1118
Mg	394	390	199		24	37				1044
Fe	441	390	209		38	37				1115
Mn	435	390	199		36	37				1097
Al	434	390	205		41	37				1107
C									155	155
S									155	155
Na					34	22				56
Mo								4		4
% Ash	285	47	221	8	24	15	1			601
Loss on ignition										
Organic Matter										
pH(H2O)			45							45
pH(KC1)			45							45
Total	3683	3924	1948	8	317	389	2	4	465	10740

Investigator	Lugo	Parrotta & Fu Sheinglei	Keller	Erickson	Álvarez	Silver	Fu Sheinglei	Medina	Jones
N							90		
P									1
K									1
Ca									2
Mg									1
Fe									1
Mn									1
Al									1
C							56		
S							56		
% Ash							6		
Loss on ignition			35		48	58	22	64	34
Organic Matter			35		46	58		32	37
pH(H2O)						97	22	29	34
pH(KC1)							22	29	34
% Moisture						97			
Bulk density (g/cc)									68
exchangeable acidity		42	35		48		428	32	34
K					25	97	444	46	34
Ca	8		57		17	65	675	64	68
Mg	8		39		15	65	496	64	36

Report Soils Analyses 1995 *(continued.)*

Investigator	Lugo	Parrotta & Fu Sheinglei	Keller	Erickson	Álvarez	Silver	Fu Sheinglei	Medina	Jones
Na	8		36		16			64	68
P					25	32	444	32	34
Mn					25	97	444	32	34
Fe					39	41	599	32	34
Al						65	9		
Ammonium			1627	1277			759		
Nitrate			1707	3305			759		
Total	24	42	3571	4582	304	772	5331	520	557

Table 1. *-Analyses conducted and for whom in fiscal year 1995 by the Laboratory of the International Institute of Tropical Forestry.*

Investigator	IITF investigator	Other investigator in Puerto Rico	International investigator	Total
Total Al	824	206	78	1108
C	266	0	56	322
Ca	842	207	71	1120
Fe	831	210	75	1116
K	843	200	99	1142
Mg	784	200	61	1045
Mn	825	200	73	1098
Mo	0	4	0	4
N	1827	223	183	2233
Na	0	0	56	56
P	784	200	61	1045
S	266	0	56	322
Ash	332	222	53	607
Bulk density	0	68	0	68
Loss on ignition	43	140	86	269
Moisture	0	97	0	97
Organic Matter	35	141	32	208
pH(H2O)	4	176	51	231
pH(KC1)	4	79	51	134
Exchangeable acidity	77	82	460	619
Al	62	65	9	136
Ca	149	150	939	1038
Fe	82	114	631	827
K	123	156	490	769
Mg	136	116	560	812
Mn	101	156	476	733
Na	74	84	64	222
P	116	91	476	683
Ammonium	2904	0	882	3786
Nitrate+nitrite	5012	0	944	5956
Total	17,346	3,587	6,873	27,806

Appendix
Apéndice

A. Recent Publications of the International Institute of Tropical Forestry (Numbers indicate reprints available for distribution).
Publicaciones recientes del Instituto de Dasonomía Tropical Forestal (números indican disponibilidad de separatas para distribución).

Baker, D.D., M. Fried, and J.A. Parrotta. 1995. Theoretical implications for the estimation of dinitrogen fixation by large perennial plant species using isotope dilution. Pages 225-236 in Nuclear techniques in soil-plant studies for sustainable agriculture and environmental protection. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria.

Brown, S., M. Lenart, J. Mo, and G. Kong. 1995. Structure and organic matter dynamics of a human-impacted pine forest in a MAB reserve of subtropical China. Biotropica 27(3):276-289.

Boose, E.R., D.R. Foster, and M. Fluet. 1994. Hurricane impacts to tropical and temperate forest landscapes. Ecological Monographs 64(4):369-400.

Carey, E.V., S. Brown, A.J.R. Gillespie, and A.E. Lugo. 1994. Tree mortality in mature lowland tropical moist and tropical lower montane moist forests of Venezuela. Biotropica 26(3):255-265.

001 Domínguez Cristóbal, C.M. 1992. Los planes de aprovechamiento forestal de la Inspección de Montes de Puerto Rico en la Sierra de Luquillo durante los años forestales de 1880-81 al 1888-89. Acta Científica 6(1-3):71-76.

Figueroa Colón, J.C. 1994. An assessment of the distribution and status of bigleaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). A report sponsored by the Puerto Rico Conservation Foundation and the International Institute of Tropical Forestry. Río Piedras, Puerto Rico. 25 p. + maps.

Figueroa Colón, J.C. 1992. La ecología de los suelos ultramáficos. Acta Científica 6(1-3):49-58.

002 Francis, J.K. 1995. *Cordia sulcata* DC. White manjack, Moral. Boraginaceae, Borage family. SO-ITF-SM-77. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

Francis, J.K. 1995. Forest plantations in Puerto Rico. Pages 210-223 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York.

Francis, J.K. 1995. Simple and inexpensive method for extracting wood density samples from living trees. Pages 159-160 *in* J.A. Parrotta, editor. Management and rehabilitation of degraded lands and secondary forests in Amazonia: an international symposium/workshop, April 18-22 1993, Santarém, Pará, Brazil. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico and UNESCO Man and the Biosphere Programme (MAB), París.

003 Francis, J.K. 1994. *Ficus citrifolia* P. Miller Jagüey blanco. Moraceae mulberry family. SO-ITF-SM-75. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

004 Francis, J.K. 1994. English-Portuguese equivalents of forestry and conservation terms. [Termos equivalentes em silvicultura e conservacao Portugués-Inglés]. General Technical Report SO-109. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 45 p.

Francis, J.K. 1994. Simple and inexpensive method for extracting wood density samples from tropical hardwoods. Tree Planters' Notes 45(1):10-12.

005 Francis, J.K. 1993. *Guaiacum officinale* L. Lignumvitae, Guayacan. Zygophyllaceae, Caltrop family. SO-ITF-SM-67. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

Gannon, M.R. and M.R. Willig. 1994. The effects of Hurricane Hugo on bats of the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico. Biotropica 26(3):320-331.

006 Gillespie, A.J.R. 1994. Remote sensing for tropical forest assessment. [Evaluación de bosques tropicales utilizando la técnica telesensorial]. Proceedings of a workshop, April 8-12, 1991, San Juan, Puerto Rico. USDA Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico and United Nations Food and Agriculture Organization, París. 84 p.

Hamilton, L.S., J.O. Juvik, and F. Scatena. 1995. Tropical montane cloud forests. Ecological Studies 110. Springer-Verlag, New York. 407 p. [an earlier version of this book was published by the East-West Center, Hawaii].

Homma, A., A. Rocha, A. Santos, A. Conto, C. Rodríguez, C. Ferreira, P. Oliveira, R. Walker, and R. Carvalho. 1994. Dinamica dos sistemas de producao na Transamâzonica. EMBRAPA/CPATU, Belém, Brazil.

Homma, A., R.T. Walker, F. Scatena, A. Conto, R. Carvalho, C. Ferreira, and Santos A. 1994. Reduçao dos desmatamentos na Amazônia: política agrícola ou ambiental? Pages 1-22 *in* Proceedings: The Third International Conference on Systems Integration, August 1994. Sao Paulo, Brazil.

Iverson, L.R., S. Brown, and A. Prasad. 1994. Estimating potential tropical forest biomass over South/Southeast Asia. Page 24 *in* A.J.R. Gillespie, editor. Remote Sensing for Tropical Forest Assessment. Evaluación de Bosques Tropicales Utilizando la Técnica Telesensorial. General Technical Report SO-113. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana.

Jones, S.C., C.A. Nalepa, E.A. McMahan, and J.A. Torres. 1995. Survey and ecological studies of the termites (Isoptera: Kalotermitidae) of Mona Island. Florida Entomologist 78(2):305-313.

Kanashiro, M. and J.A. Parrotta, editors. 1995. Manejo e reabilitacao de areas degradadas e florestas secundárias na Amazônia: Anais de um symposio/workshop, April 18-22,

1993, Santarém, Pará, Brazil. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico and UNESCO Man and the Biosphere Programme (MAB), París. 245 p.

Keller, M. and W.A. Reiners. 1994. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide, nitric oxide, and methane under secondary succession of pasture to forest in the Atlantic lowlands of Costa Rica. Global Biogeochemical Cycles 8(4):399-409.

Lugo, A.E. 1994. San Salvador mangroves: an ecosystem under chronic stress. Pages 60-63 *in* L.B. Kass, editors. Proceedings of the Fifth Symposium on the Natural History of the Bahamas. Bahamian Field Station, San Salvador, Bahamas.

007 Lugo, A.E. 1994. Preservation of primary forests in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. Conservation Biology 8(4):1122-1131.

Lugo, A.E. 1993. Forward. Towards the balance and management of the carbon budget in the atmosphere. Pages ix-x *in* J. Wisniewski and R.N. Sampson, editors. Terrestrial biospheric carbon fluxes: quantification of sinks and sources of CO_2, 1-5 March 1993, Bad Harzburg, Germany. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Lugo, A.E. and R.B. Waide. 1993. Catastrophic and background disturbance of tropical ecosystems at the Luquillo Experimental Forest. Journal of Bioscience 18(4):475-481.

Lugo, A.E. 1995. Reconstructing hurricane passages over forests: a tool for understanding multiple-scale responses to disturbance. Trends in Ecology and Evolution 10(3):98-99.

Lugo, A.E. and C. Lowe, editors. 1995. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York. 461 p.

Lugo, A.E. 1995. Preface. Pages vii-viii *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York.

Lugo, A.E. 1995. Tropical forests: their future and our future. Pages 3-17 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York.

008 Lugo, A.E. 1995. Fire and wetland management. Pages 1-9 *in* S.I. Cerulean and R.T. Engstrom, editors. Fire in Wetlands: a Management Perspective. Proceedings of the Tall Timbers Fire Ecology Conference, No. 19. November 3-6, 1993, Tallahassee, Florida. Tall Timbers Research Station, Tallahassee, Florida.

Lugo, A.E., A. Bokkestijn, and F.N. Scatena. 1995. Structure, succession, and soil chemistry of palm forests in the Luquillo Experimental Forest. Pages 142-177 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York.

Lugo, A.E. and F.N. Scatena. 1995. Ecosystem-level properties of the Luquillo experimental forest with emphasis on the Tabonuco forest. Pages 59-108 *in* A.E. Lugo and C. Lowe,

editors. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York.

Lugo, A.E., editor. 1992. Acta Científica 6(1-3). 170 p.

McCormick, J.F. 1995. A review of the population dynamics of selected tree species in the Luquillo Experimental forest, Puerto Rico. Pages 224-257 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York.

McDowell, W.H., A.E. Lugo, and A. James. 1995. Export of nutrients and major ions from Caribbean catchments. Journal of the North American Benthological Society 14(1):12-20.

Medina, E., E. Cuevas, J. Figueroa, and A.E. Lugo. 1994. Mineral content of leaves from trees growing on serpentine soils under contrasting rainfall regimes in Puerto Rico. Plant and Soil 158:13-21.

Medina, E. 1995. Physiological ecology of trees and applications to forest management. Pages 289-307 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York.

Medina, E., A.E. Lugo, and A. Novelo. 1995. Contenido mineral del tejido foliar de especies de manglar de la laguna de Sontecomapan (Veracruz, Mexico) y su relación con la salinidad. Biotropica 27(3):317-323.

Mo, J., S. Brown, M. Lenart, and G. Kong. 1995. Nutrient dynamics of a human-impacted pine forest in a MAB reserve of subtropical China. Biotropica 27(3):290-304.

Morris, G.L. and G. Hu. 1995. Preliminary hydrodynamic analysis of a salt wedge estuary: Río Mameyes, Puerto Rico. Puerto Rico Conservation Foundation, Hato Rey, Puerto Rico. 34 pages + figures.

Murphy, P.G., A.E. Lugo, A.J. Murphy, and D.C. Nepstad. 1995. The dry forests of Puerto Rico's south coast. Pages 178-209 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York.

Odum, H.T. 1995. Tropical forest systems and the human economy. Pages 343-393 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York.

Parrotta, J.A. and M. Kanashiro, editors. 1995. Management and rehabilitation of degraded lands and secondary forests in Amazonia: an international symposium/workshop, April 18-22, 1993, Santarém, Pará, Brazil. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico and UNESCO Man and the Biosphere Programme (MAB), París. 246 p.

009 Parrotta, J.A. 1994. *Coccoloba uvifera* (L.) L. Sea grape, Uva de playa. Polygonaceae, Buckwheat family. SO-ITF-SM-74. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

010 Parrotta, J.A., D.D. Baker, and M. Fried. 1994. Estimation of nitrogen fixation in Leucaena leucocephala using ^{15}N-enrichment methodologies. Pages 75-82 *in* J.I. Sprent and D. McKey, editors. Advances in legume systematics 5: the nitrogen factor. Royal Botanic Gardens, Kew.

011 Parrotta, J.A. and J.K. Francis. 1993. *Pouteria multiflora* (A. DC.) Eyma Jacana, Bully-tree. Sapotaceae, Sapodilla family. SO-ITF-SM-62. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

012 Parrotta, J.A. 1994. *Thespesia populnea* (L.) Soland ex Correa. Portia tree, Emajaguilla. SO-ITF-SM-76. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

Parsons, W.F.J. and M. Keller. 1995. Controls on nitric oxide emission from tropical pasture and rain forest soils. Biology and Fertility of Soils 20:151-156.

Rodríguez-Pedraza, C.D., R. Walker, and P. Mourao de Oliveira. 1994. Use of GPS with LANDSAT TM images to identify main crops in farms along the Tranzamazonica Highway, Brazil. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Proceedings ISPSRS Commission VII Symposium: Resource and Environmental Monitoring, September 26-30, 1994. Río de Janeiro, Brazil. 30(7a):35-42.

013 Scatena, F.N. and A.E. Lugo. 1995. Geomorphology, disturbance, and the soil and vegetation of two subtropical wet steepland watersheds of Puerto Rico. Geomorphology 13(1-4):199-213.

014 Scatena, F.N. 1995. Relative scales of time and effectiveness of watershed processes in a tropical montane rain forest of Puerto Rico. Natural and Anthropogenic Influences in Fluvial Geomorphology. Geophysical Monograph 89, American Geophysical Union, Washington, DC.

Silver, W.L. 1994. Is nutrient availability related to plant nutrient use in humid tropical forests? Oecologia 98:336-343.

Silver, W.L., F.N. Scatena, A.H. Johnson, T.G. Siccama, and M.J. Sánchez. 1994. Nutrient availability in a montane wet tropical forest: spatial patterns and methodological considerations. Plant and Soil 164:129-145.

Silver, W.L. and K.A. Vogt. 1993. Fine root dynamics following single and multiple disturbances in a subtropical wet forest ecosystem. Journal of Ecology 81:729-738.

Soil Survey Staff. 1995. Order 1 Soil Survey of the Luquillo long-term ecological research grid, Puerto Rico. USDA Natural Resources Conservation Service in cooperation with Terrestrial Ecology Division, University of Puerto Rico, and the International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service. 92 p.

Torres, J.A. 1992. Principios de muestreo y diseño experimental en la ecología. Acta Científica 6(1-3):l09-120.

Torres, J.A. 1992. Un nuevo aspecto del Malthusianismo: el ecológico. Acta Científica 6(1-3):141-146.

Torres, J.A. and R.R. Snelling. 1992. Los himenópteros de Isla de Mona. Acta Científica 6(1-3):87-92.

Wadsworth, F.H. 1994. ISTF News. Vol. 15(4). International Society of Tropical Foresters, Bethesda, Maryland.

Wadsworth, F.H. 1995. ISTF News. Vol. 16(2). International Society of Tropical Foresters, Bethesda, Maryland.

Wadsworth, F.H. 1995. A forest research institution in the West Indies: the first 50 years. Pages 33-56 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag, New York.

Wadsworth, F.H. 1992. Unos componentes de la educación ambiental. Acta Científica 6(1-3):151-154.

Walker, L.R. 1994. Effects of fern thickets on woodland development on landslides in Puerto Rico. Journal of Vegetation Science 5:525-532.

Walker, R.T. 1994. Deforestation and economic development. Canadian Journal of Regional Science 16(3):481-497.

Weaver, P.L. 1995. The Colorado and Dwarf forests of Puerto Rico's Luquillo Mountains. Pages 109-141 *in* A.E. Lugo and C. Lowe, editors. Tropical forests: management and ecology. Springer-Verlag, New York.

Weaver, P.L. 1995. Secondary forest management. Pages 117-128 *in* J.A. Parrotta, editor. Management and rehabilitation of degraded lands and secondary forests in Amazonia: an international symposium / workshop, April 18-22, 1993, Santarém, Pará, Brazil. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico and UNESCO Man and the Biosphere Programme (MAB), París.

015 Weaver, P.L. 1994. Baño de Oro Natural Area Luquillo Mountains, Puerto Rico. General Technical Report SO-111. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 55 p.

Weaver, P.L. 1994. Effects of Hurricane Hugo on trees in the Cinnamon Bay watershed, St. John, U.S. Virgin Islands. Caribbean Journal of Science 39(3-4):255-261.

016 Wunderle, J.M., Jr. 1995. Métodos para contar aves terrestres del Caribe. General Technical Report SO-100. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 26 p.

Zimmerman, J.K., W.M. Pulliam, D.J. Lodge, V. Quiñones Orfila, N. Fetcher, S. Guzmán-Grajales, J.A. Parrotta, C.E. Asbury, L.R. Walker, and R.B. Waide. 1995. Nitrogen immobilization by decomposing woody debris and the recovery of tropical wet forest from hurricane disturbance. Oikos 72:314-322.

Zimmerman, J.K., E.M. Everham, III, R.B. Waide, D.J. Lodge, C.M. Taylor, and N.V.L. Brokaw. 1995. Responses of tree species to hurricane winds in subtropical wet forest in Puerto Rico: implications for tropical tree life histories. Journal of Tropical Ecology 82:911-922.

B. Other publications available for distribution.
Otras publicaciones disponibles para distribución.

017 Chinea, J.D., R.J. Beymer, C. Rivera, I. Sastre and F.N. Scatena. 1993. An annotated list of the flora of Bisley area, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico, 1987 to 1992. General Technical Report SO-94. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 12 p.

018 Francis, J.K. 1993. *Acrocomia media* O.F. Cook. Corozo. Palmaceae. Palm family. SO-ITF-SM-68. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

019 Francis, J.K. 1993. *Alchornea latifolia* Sw. Achiotillo. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-60. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

020 Francis, J.K. 1993. *Bambusa vulgaris* Schrad ex Wendl. Common bamboo. Gramineae. Grass family. Bambsoideae. Bamboo subfamily. SO-ITF-SM-65. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

021 Francis, J.K. 1993. *Clusia rosea* Jacq. Cupey. Clusiaceae. Clusia family. SO-ITF-SM-69. United States Department of Agriculture, Forest Service Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

022 Francis, J.K. 1993. *Guaiacum officinale* L. Lignumvitae, Guayacán. Zygophyllaceae. Caltrop family. SO-ITF-SM-67. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

023 Francis, J.K. and A.J.R. Gillespie. 1993. Relating gust speed to tree damage in Hurricane Hugo, 1989. Journal of Arboriculture 19(6):368-373.

024 Francis, J.K. and A. Rodríguez. 1993. Seeds of Puerto Rican trees and shrubs: second installment. Research Note SO-374. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 5 p.

025 Francis, J.K. 1994. *Inga fagifolia* (L.) Willd. Guamá. Leguminosae (Mimosoideae) Legume family. SO-ITF-SM-72. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

026 Francis, J.K. and S. Alemañy. 1994. *Juglans jamaicensis* C. DC. Nogal. Juglandaceae. Walnut family. SO-ITF-SM-73. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

027 Francis, J.K., C. Rivera and J. Figueroa. 1994. Toward a woody plant list for Antigua and Barbuda: past and present. SO-GTR-102. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 28 p.

028 Keller, M. 1994. Biosphere-atmosphere exchange of trace gases in the tropics: evaluating the effects of land use changes. Pages 103-117 *in* R.G. Prinn, editor. Global atmospheric-biospheric chemistry. Plenum Press, New York.

029 Parrotta, J.A. 1993. *Mangifera indica* L. Mango. Anacardiaceae. Cashew family. SO-ITF-SM-63. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

030 Parrotta, J.A. 1993. *Moringa oleifera* Lam. Resedá, horseradish tree. Moringaceae. Horseradish-tree family. SO-ITF-SM-61. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

031 Parrotta, J.A. 1994. Application of ^{15}N-enrichment methodologies to estimate nitrogen fixation in Casuarina equisetifolia. Canadian Journal of Forest Research 24(2):201-207.

032 Parrotta, J.A. 1994. *Artocarpus altilis* (S. Park.) Fosb. Breadfruit, Breadnut. Moraceae. Mulberry family. SO-ITF-SM-71. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

033 Parrotta, J.A. and J.K. Francis. 1993. *Pouteria multiflora* (A. DC.) Eyma. Jácana, Bully-tree. Sapotaceae. Sapodilla family. SO-ITF-SM-62. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

034 Parrotta, J.A. and A.N. Chaturvedi. 1994. *Azadirachta indica* A. Juss. Neem, margosa. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-70. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

035 Rodríguez, C.D. 1993. *Petitia domingensis* Jacq. Capá blanco.Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-66. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

036 Torres, J.A. 1994. Insects of the Luquillo Mountains, Puerto Rico. SO-GTR-105. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 53 p.

037 Torres, J.A. 1994. Wood decomposition of Cyrilla racemiflora in a tropical montane forest. Biotropica 26(2):124-140.

038 Weaver, P.L. 1993. *Micropholis chrysophylloides* Pierre. Caimitillo. Sapotaceae. Sapodilla family. SO-ITF-SM-59. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

039 Weaver, P.L. 1993. *Tectona grandis* L. f. Teak. Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-64. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 18 p.

040 Wunderle, Jr., J.M. 1994. Census methods for Caribbean land birds. SO-GTR-98. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 26 p.

041 Wunderle, Jr., J.M. and R.B. Waide. 1993. Distribution of overwintering Nearctic migrants in the Bahamas and Greater Antilles. The Condor 95:904-933.

042 Zepeda, G. and Lugo. A.E., editors. 1994. Towards sustainable forest resource management in the Caribbean: proceedings of the sixth meeting of Caribbean Foresters at Martinique, July 20-24, 1994, Martinique. International Institute of Tropical Forestry, San Juan, Puerto Rico. 55 p.

043 Acevedo Rodríguez, P. en colaboración con R.O. Woodbury. 1985. Los bejucos de Puerto Rico. Volumen 1. General Technical Report SO-58. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Southern Forest Experiment Station, Río Piedras, Puerto Rico. 331 p.

044 Arendt, W.J. 1988. Range expansion of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in the Greater Caribbean basin. Colonial Waterbirds 11(2):252-262.

045 Arendt, W.J., and A.I. Arendt. 1988. Aspects of the breeding of the cattle egret (*Bubulcus ibis*) in Montserrat, West Indies, and its impact on nest vegetation. Colonial Waterbirds 11(1):72-84.

046 Barres, H. 1964. Rooting media for growing pine seedlings in hydroponic culture. Institute of Tropical Forestry Research Note No. 2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

047 Bauer, G.P., and A.J.R. Gillespie. 1990. Volume tables for young plantation grown hybrid mahogany (*Swietenia macrophylla x S. mahagoni*) in the Luquillo Experimental Forest of Puerto Rico. Research Paper SO-257. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

048 Birdsey, R.A. and D. Jiménez. 1985. The forests of Toro Negro. Research Paper SO-222. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 29 p.

049 Birdsey, R.A., P.L. Weaver, and C.F. Nicholls. 1986. The forest resources of St. Vincent, West Indies. Research Paper SO-229. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 25 p.

050 Bokkestijn, A., and J.K. Francis [n.d.]. *Khaya senegalensis* Juss. Dry-zone Mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-5. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

051 Briscoe, C.B. 1962. Early lifting pine seedlings. Tropical Forest Notes ITF-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 2 p. [available in Spanish only].

052 Briscoe, C.B. 1962. Tree diameter growth in the dry limestone hills. Tropical Forest Note ITF-12. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 2 p.

053 Briscoe, C.B., and R.W. Nobles. 1962. Height and growth of mahogany seedlings. Tropical Forest Note ITF-l3. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 2 p.

054 Chinea-Rivera, J.D. 1990. *Ceiba pentandra* (L) Gaertn. Ceiba, Kapok, Silk cotton tree. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-29. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

055 Chudnoff, M., E.D. Maldonado, and E. Goytía. 1966. Solar drying of tropical hardwoods. Research Paper ITF-2. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Foresty, Río Piedras, Puerto Rico. 26 p.

056 Crow, T.R. and P.L. Weaver. 1977. Tree growth in a moist tropical forest of Puerto Rico. Research Paper ITF-22. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 17 p.

057 Englerth, G.H. 1959. Air drying conditions for lumber in the San Juan area. Tropical Forest Note 1. United States Department of Agriculture, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 2 p.

058 Englerth, G.H. 1961. Bamboo for fence posts. Tropical Forest Note 6. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. [Also available in Spanish as Apuntes Forestales Tropicales ITF-6.]

059 Figueroa Colón, J.C., F.H. Wadsworth, and S. Branham, editors. 1987. Management of the forests of tropical America: prospects and technologies. Proceedings of a conference. September 22-27, 1986, San Juan, Puerto Rico: United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 469 p.

060 Francis, J.K. [n.d.]. *Agathis robusta* (C. Moore ex F. Muell) F.M. Bailey. Queensland kauri. Araucariacae. Araucaria family. SO-ITF-SM-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

061 Francis, J.K. [n.d.]. *Araucaria heterophylla* (Salisb.) Franco. Norfolk-Island pine. Araucariaceae. Araucaria family. SO-ITF-SM-ll. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

062 Francis, J.K. [n.d.]. *Hernandia sonora* L. Mago, Toporite. Hernandiaceae. Hernandia family. SO-ITF-SM-13. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

063 Francis, J.K. [n.d.]. *Maesopsis eminii* Engl. Musizi. Rhamnaceae Buckthorn family. SO-ITF-SM-8. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

064 Francis, J.K. [n.d.]. *Terminalia ivorensis* (A. Chev.). Idigbo, Emire. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-12. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

065 Francis, J.K. 1988. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. Guanacaste, Earpod-tree. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-15. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

066 Francis, J.K. 1988. *Eucalyptus deglupta* Blume. Kamarere. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-16. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

067 Francis, J.K. 1988. Merchantable volume table for ucar in Puerto Rico. Research Note SO-350. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

068 Francis, J.K. 1989. *Bucida buceras* L. Ucar. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-18. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

069 Francis, J.K. 1989. The Luquillo Experimental Forest Arboretum. Research Note SO-358. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

070 Francis, J.K. 1989. *Mammea americana* L. Mamey, mammee-apple. Guttiferae. Mangosteen family. SO-ITF-SM-22. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

071 Francis, J.K. 1989. Merchantable volume and weights of mahoe in Puerto Rican plantations. Research Note SO-355. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

072 Francis, J.K. 1989. *Pterocarpus macrocarpus* Kurz. Burma padauk, pradu. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-l9. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

073 Francis, J.K. 1989. *Tabebuia donnell-smithii* Rose. Primavera. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-25. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

074 Francis, J.K. 1989. *Terminalia catappa* L. Indian almond, almendra. Combretaceae. Combretum family. SO-ITF-SM-23. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

075 Francis, J.K. 1989. *Thespesia grandiflora* (DC). Urban. Maga. Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-21. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

076 Francis, J.K. 1990. *Bursera simaruba* (L.) Sarg. Almácigo, gumbo limbo. Burseraceae. Bursera family. SO-ITF-SM-35. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

077 Francis, J.K. 1990. *Byrsonima spicata* (Cav.) H.B.K. Maricao. Malpighiaceae. Malpighia family. SO-ITF-SM-36. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

078 Francis, J.K. 1990. *Catalpa longissima* (Jacq.) Dum. Cours. Yokewood. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-37. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

079 Francis, J.K. 1990. *Citharexylum fruticosum* L. Pendula, fiddlewood. Verbenaceae. Verbena family. SO-ITF-SM-34. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

080 Francis, J.K. 1990. *Fraxinus uhdei* (Wenzig) Lingelsh. Fresno, tropical ash. Oleaceae. Olive family. SO-ITF-SM-28. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

081 Francis, J.K. 1990. *Hura crepitans* L. Sandbox, molinillo, jabillo. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-38. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

082 Francis, J.K. 1990. *Hymenaea courbaril* (L.). Algarrobo, locust. Leguminosae. Legume family. Caesalpinioideae. Cassia subfamily. SO-ITF-SM-27. United States Department of

Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana.

083 Francis, J.K. 1990. *Spathodea campanulata* Beauv. African tulip tree. Bignoniaceae. Bignonia family. SO-ITF-SM-32. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

084 Francis, J.K. 1990. *Syzygium jambos* (L.) Alst. Rose apple. Myrtaceae. Myrtle family. SO-ITF-SM-26. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

085 Francis, J.K. 1991. *Cupania americana* L. Guara. Sapindaceae. Soapberry family. SO-ITF-SM-44. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

086 Francis, J.K. 1991. *Guazuma ulmifolia* lam. Guacima. Sterculiaceae. Chocolate family. SO-ITF-SM-47. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

087 Francis, J.K. 1991. *Hyeronima clusioides* (Tul.) Muell-Arg. Cedro macho. Euphorbiaceae. Spurge family. SO-ITF-SM-45. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 3 p.

088 Francis, J.K. 1991. *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa. Bombacaceae. Bombax family. SO-ITF-SM-41. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

089 Francis, J.K. 1991. *Zanthoxylum martinicense* (Lam.) DC. Espino rubial. Rutaceae. Rue family. SO-ITF-SM-42. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

090 Francis, J.K. 1992. *Melicoccus bijugatus* Jacq. Quenepa. Sapindaceae. Soapberry family. SO-ITF-SM-48. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

091 Francis, J.K. 1992. *Pinus caribaea* Morelet. Caribbean Pine. Pinaceae. Pine family. SO-ITF-SM-53. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 10 p.

092 Francis, J.K. 1992. *Roystonea borinquena* O.F. Cook. Puerto Rican royal palm. Palmae. Palm family. SO-ITF-SM-55. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

093 Francis, J.K. 1992. *Spondias mombin* L. Hogplum. Anacardiaceae. Cashew family. SO-ITF-SM-51. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

094 Francis, J.K. 1993. *Genipa americana* L. Jagua, genipa. Rubiaceae. Madder family. SO-ITF-SM-58. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station.

095 Francis, J.K., and A. Bokkestijn. [n.d.]. *Khaya nyasica* Stapf. ex Baker f. East African mahogany. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-9. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

096 Francis, J.K., and H.A. Liogier. 1991. Naturalized exotic tree species in Puerto Rico. General Technical Report SO-82. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 12 p.

097 Frangi, J.L., and A.E. Lugo. 1991. Hurricane damage to a flood plain forest in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Biotropica 23(4a):324-335.

098 Gillespie, A.J.R. 1992. *Pinus patula* Schiede and Deppe. Patula pine. Pinaceae. Pine family. SO-ITF-SM-54. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans. 5 p.

099 Jiménez, J.A. 1985. *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. f. White mangrove. SO-ITF-SM-3. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

100 Ledig, F.T., and J.L. Whitmore. 1981. The calculation of selection differential and selection intensity to predict gain in a tree improvement program for plantation grown Honduras pine in Puerto Rico. Research Paper SO-170. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 7 p.

101 Liegel, L.H. 1984. Status, growth and development of unthinned Honduras pine plantations in Puerto Rico. Turrialba 34(3):313-324.

102 Liegel, L.H., comp. 1991. Growth and site relationships of *Pinus caribaea* across the Caribbean Basin. General Technical Report SO-83. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry in cooperation with the University of Puerto Rico, Río Piedras, Puerto Rico. 70 p.

103 Liegel, L.H., and C.R. Venator. 1987. A technical guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America. General Technical Report SO-67. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 156 p.

104 Little, E.L., Jr., R.O. Woodbury, and F.H. Wadsworth. 1976. Flora of Virgin Gorda (British Virgin Islands). Research Paper ITF-21. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 36 p.

105 Lodge, D.J., F.N. Scatena, C.E. Asbury, and M.J. Sánchez. 1991. Fine litterfall and related nutrient inputs resulting from Hurricane Hugo in subtropical wet and lower montane rain forests of Puerto Rico. Biotropica 23(4a):336-342.

106 Lugo, A.E. 1991. Cities in the sustainable development of tropical landscapes. Nature & Resources 27(2):27-35.

107 Lugo, A.E. 1992. Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. Ecological Monographs 62(1):1-41.

108 Lugo, A.E. 1992. Tree plantation for rehabilitating damaged forest lands in the tropics. Pages 247-255 *in* Mohan K. Wali, editor. Ecosystem Rehabilitation. Volume 2: Ecosystem Analysis and Synthesis. SPB Academic Publishing, The Hague, The Netherlands.

109 Lugo, A.E. and J. Figueroa. 1984. *Anthocephalus chinensis* (Lam.) A. Rich. ex Walp. Kadam. Rubiaceae Madder family. SO-ITF-SM-l. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. 6 p.

110 Lugo, A.E., and J.L. Frangi. 1993. Fruit fall in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 25(1):73-84.

111 Maldonado, E.D. 1961. Peladora de postes de cadena ajustada. [Translation of "A tight chain post peeler" by W.N. Darwin]. Apuntes Forestales Tropicales ITF-8. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

112 Maldonado, E.D. 1962. Solar radiation used to dry mahogany lumber in Puerto Rico. Tropical Forest Notes ITF-14. United States Department of Agriculture, Forest Service, Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico. 5 p.

113 Nobles, R.W., and C.B. Briscoe. 1966. Height growth of mahogany seedlings. Research Note ITF-10. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

114 Parrotta, J.A. [n.d.]. *Albizia lebbek* (L.) Benth. Siris. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. SO-ITF-SM-7. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 3 p.

115 Parrotta, J.A. [n.d.]. *Albizia procera* (Roxb.) Benth. White siris, Tall albizia. Leguminosae (Mimosaceae). Legume family. SO-ITF-SM-6. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 4 p.

116 Parrotta, J.A. 1989. *Dalbergia sissoo* Roxb. Sissoo, Indian Rosewood. Leguminosae (Papillionoideae). Legume family. SO-ITF-SM-24. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

117 Parrotta, J.A. 1990. *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen. Batai, Moluccan sau. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-31. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

118 Parrotta, J.A. 1990. *Tamarindus indica*. L. Tamarind. Leguminosae (Caesalpinioideae). Legume family. SO-ITF-SM-30. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

119 Parrotta, J.A. 1991. *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. Guamúchil, Madras thorn. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-40. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 5 p.

120 Parrotta, J.A. 1992. *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Aroma, Huisache. Leguminosae. (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-49. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 6 p.

121 Parrotta, J.A. 1992. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. Gliricidia, Mother of Cocoa. Leguminosae (Papilionoideae). Legume family. SO-ITF-SM-50. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

122 Parrotta, J.A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Leucaena, tantan. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-52. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 8 p.

123 Parrotta, J.A. 1993. Assisted recovery of degraded tropical lands: plantation forests and ecosystem stability. Pages 169-182 *in* M.G. Paoletti, W. Foissner, and D. Coleman, editors. Soil Biota, Nutrient Cycling and Farming Systems.

124 Parrotta, J.A. 1993. *Casuarina equisetifolia* L. ex J.R. & G. Forst. Casuarina, Australian pine. Casuarinaceae. Casuarina family. SO-ITF-SM-56. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 11 p.

125 Parrotta, J.A. 1993. *Cocos nucifera* L. Coconut, Coconut palm, Palma de coco. Palmae. Palm family. SO-ITF-SM-57. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, International Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

126 Parrotta, J.A., and J.K. Francis. 1990. *Senna siamea* Irwin & Barnaby. Yellow cassia, minjri. Leguminosae (Caesalpiniodeae). Legume family. SO-ITF-SM-33. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

127 Parrotta, J.A., and D.J. Lodge. 1991. Fine root dynamics in a subtropical wet forest following hurricane disturbance in Puerto Rico. Biotropica 23(4a):356-363.

128 Reyes, G., S. Brown, J. Chapman, and A.E. Lugo. 1992. Wood densities of tropical tree species. General Technical Report SO-88. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 15 p.

129 Rodríguez, C. 1990. *Inga vera* (Willd.) Guaba. Leguminosae (Mimosoideae). Legume family. SO-ITF-SM-39. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 4 p.

130 Scatena, F.N., and M.C. Larsen. 1991. Physical aspects of Hurricane Hugo in Puerto Rico. Biotropica 23(4a):317-323.

131 Schubert, T.H., and J. Zambrana. 1978. Honduras or big-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.

132 Schubert, T.H., and J. Zambrana. 1978. West Indies or small-leaf mahogany. Urban Forestry Bulletin, Caribbean Area. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Area. 2 p.

133 Silander, S.R. and A.E. Lugo. 1990. *Cecropia peltata* L. Yagrumo hembra, Trumpet-Tree. Moraceae. Mulberry family. Pages 244-249 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, comps., editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

134 Steudler, P.A., J.M. Melillo, R.D. Bowden, M.S. Castro, and A.E. Lugo. 1991. The effects of natural and human disturbances on soil nitrogen dynamics and trace gas fluxes in a Puerto Rican wet forest. Biotropica 23(4a):356-363.

135 Torres, J.A. 1992. Lepidoptera outbreaks in response to successional changes after the passage of Hurricane Hugo in Puerto Rico. Journal of Tropical Ecology 8:285-298.

136 Wauer, R.H., and J.M. Wunderle, Jr. 1992. The effect of Hurricane Hugo on bird populations on St. Croix, U.S. Virgin Islands. Wilson Bulletin 104(656-673).

137 Weaver, P.L. 1983. Tree growth and stand changes in the subtropical life zones of the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Research Paper SO-190. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 24 p.

138 Weaver, P.L. 1988. *Guarea guidonia* (L). Sleumer. American muskwood. Meliaceae. Mahogany family. SO-ITF-SM-17. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

139 Weaver, P.L. 1989. *Andira inermis* (W. Wright) DC. Cabbage angelin. Leguminosae. Legume family. SO-ITF-SM-20. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 7 p.

140 Weaver, P.L. 1990. *Calophyllum calaba* L. Maria, Santa Maria. Guttiferae. Mangosteen family. Pages 172-178 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

141 Weaver, P.L. 1990. *Manilkara bidentata* (A. DC.) Chev. Ausubo, Balata. Sapotaceae. Sapodilla family. Pages 455-460 *in* R.M. Burns and B.H. Honkala, editors. Silvics of North America, Volume 2: Hardwoods. Agriculture Handbook No. 654. United States Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC.

142 Weaver, P.L., R.A. Birdsey, and C.F. Nicholls. 1988. Los recursos forestales de San Vicente, Indias Occidentales. SO-RP-244. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 27 p.

143 Weaver, P.L., and J.K. Francis. [n.d.]. *Hibiscus elatus* Sw. Mahoe. Malvaceae. Mallow family. SO-ITF-SM-14. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 7 p.

144 Whitmore, J.L. 1978. Cedrela provenance trial in Puerto Rico and St. Croix: establishment phase. Research Note ITF-16. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 11 p.

145 Whitmore, J.L., and G. Hinojosa. 1977. Mahogany (*Swietenia*) hybrids. Research Paper ITF-23. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 8 p.

146 Whitmore, J.L., and L.H. Liegel. 1980. Spacing trial *of Pinus caribaea* var. hondurensis. Research Paper SO-162. United States Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry, New Orleans, Louisiana. 9 p.

147 Woodbury, R.O., and E.L. Little, Jr. 1976. Flora of Buck Island Reef National Monument (US Virgin Islands). Research Paper ITF-19. United States Department of Agriculture, Forest Service, Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico. 27 p.

148 Wunderle, Jr., J.M., D.J. Lodge, and R.B. Waide. 1992. Short-term effects of Hurricane Gilbert on terrestrial bird populations on Jamaica. The Auk 109(1):148-166.

149 Wunderle, Jr., J.M., R.A. Cortes, and W. Carromero. 1992. Song characteristics and variation in a population of bananaquits on Puerto Rico. The Condor 94:680-691.

Versión en Español

INTRODUCCIÓN

NUESTRA MISIÓN

La misión del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (IIDT) es:

Desarrollar e intercambiar conocimiento de importancia crítica para el sostenimiento de los beneficios de ecosistemas tropicales para la humanidad.

OBJETIVOS

El Instituto Internacional de Dasonomía Tropical es parte del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y está localizado en Río Piedras, Puerto Rico.

El IIDT juega un papel de liderazgo en el campo de la investigación de los bosques tropicales y provee información científica para ayudar en el entendimiento de la estructura y función de los diversos ecosistemas tropicales. Una unidad de cooperación internacional provee apoyo técnico a organizaciones y gobiernos en naciones tropicales. Los programas de bosques estatales y privados brindan su apoyo a iniciativas locales para los recursos naturales en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos. Los empleados del IIDT también trabajan estrechamente con los administradores de terrenos del Bosque Nacional del Caribe. Esta combinación singular de programas y habilidades ayuda a que el IIDT cumpla con las necesidades y los retos que presenta un manejo cooperativo y sostenible de los recursos de los bosques tropicales.

TRASFONDO

El trabajo de investigación del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en Puerto Rico, en cooperación con la Universidad de Puerto Rico comenzó en 1939, llamándose entonces la Estación Experimental del Bosque Tropical. En 1961 a la organización se le dió el nuevo nombre de Instituto de Dasonomía Tropical dado a la expansión en las capacidades de investigación adquiridas por el Instituto. Para diciembre de 1992, debido al creciente interés de los Estados Unidos en extender su participación en el manejo de recursos tropicales a nivel mundial, el Instituto amplió de nuevo su papel y misión, ya como el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical.

PERSONAL Y FACILIDADES

El personal de investigación del IIDT se compone de dasónomos, ecólogos de vida silvestre y terrestre, geomorfólogos y científicos atmosféricos. Este personal trabaja independientemente o en conjunto con colaboradores del exterior y están comprometidos con estudios a largo plazo en Puerto Rico, Brasil, Costa Rica y otras partes del Caribe y América Latina. Cuentan con el respaldo de un grupo de biólogos, químicos y técnicos. Varios generalistas y especialistas trabajan en programas de dasonomía internacional, estatal y privada. El Bosque Nacional del Caribe provee destrezas en el manejo de terrenos forestales, la recreación, vida silvestre, el manejo de suelos y agua y en la planificación de bosques. También presta asistencia a comunidades rurales. Un equipo administrativo se encarga de los aspectos de presupuesto, personal, compra y otras funciones administrativas.

Las oficinas centrales de IIDT están ubicadas en el Recinto de la Universidad de Puerto Rico en el Jardín Botánico de Río Piedras, Puerto Rico, un suburbio de San Juan. Un laboratorio provee los análisis químicos de muestras de suelo y agua. El Centro de Información Técnica cuenta con 20,000 volúmenes de referencia en diversos formatos especializados en bosques tropicales. En el Bosque Experimental de Luquillo hay oficinas y facilidades de investigación adicionales. Ya para el 1996, el Bosque Nacional del Caribe relocalizará todo su personal a sus oficinas en el bosque. En mayo

del 1996, abrirán las puertas del nuevo centro de visitantes El Portal. Estas facilidades, además de ser un centro de visitantes, servirá como un centro de educación ambiental que le brindará a los visitantes del Bosque información acerca de los bosques pluviales en Puerto Rico así como los bosques tropicales de otras partes del mundo.

COOPERACIÓN / COLABORACIÓN / SOCIOS

La participación cooperativa es una parte cada vez más importante del IIDT. Durante el año fiscal de 1995, los científicos y administradores de los diversos programas iniciaron más de 38 nuevos acuerdos para llegar a un total de 102 acuerdos activos. Desde el punto de vista económico, ésto significó 3.3 millones de dólares en fondos del Servicio Forestal y 3.6 millones de dólares en fondos de cooperadores. Los proyectos cooperativos se encuentran en las áreas de investigación de aves migratorias neotropicales, los efectos de la desforestación en las condiciones atmosféricas globales y regionales y estudios sobre la biodiversidad y los humedales. Otros estudiarán los posibles impactos del desarrollo comercial en las zonas amortiguantes aledañas al Bosque Nacional del Caribe y la reducción del flujo de arroyos en y cerca del Bosque Nacional del Caribe.

El IIDT administra y lleva a cabo programas cooperativos en varios países incluyendo a Puerto Rico, las Islas Vírgenes estadounidenses, Venezuela, Brasil, Costa Rica, Méjico, Panamá y la República Popular de China. El IIDT también participa en la administración de una subvención de 4.08 millones de dólares de la Fundación Nacional Para Las Ciencias como parte del programa de Investigaciones Ecológicas a Largo Plazo. Este programa se administra a través de la Universidad de Puerto Rico. Algunas asociaciones claves incluyen afiliaciones con la Universidad de Puerto Rico, el programa de Investigaciones Ecológicas a Largo Plazo auspiciado por la Fundación Nacional Para Las Ciencias y el programa de investigación de cambios globales en cooperación con la NASA.

Este año pasado se administraron 13 subvenciones y acuerdos de Dasonomía Internacional comprometidos con la transferencia y capacitación en la tecnología. Estos acuerdos se han destinado para actividades en el Caribe y América Latina. Se administraron 25 subvenciones de Dasonomía Estatal y Privada para el Estado Libre Asociado de Puerto Rico y el Territorio de las Islas Vírgenes estadounidenses.

Además de lo anterior, se llevaron a cabo asociaciones con gobiernos, universidades locales e internacionales, con agencias no-gubernamentales, e Institutos.

VISITANTES Y VOLUNTARIOS

El IIDT fue anfritrión de científicos visitantes y administradores de terrenos tanto de los Estados Unidos, El Caribe y América Latina, así como de otros países.

Los voluntarios son de gran ayuda a nuestros programas. De estos voluntarios una gran cantidad son estudiantes graduados que obtienen experiencia en el campo de la investigación. También tenemos voluntarios que provienen de programas de estudio y trabajo de las universidades.

Entre los visitantes al IIDT durante el 1995 podemos contar: un científico de la Universidad Nacional de la Plata, Argentina; un grupo de científicos de la India; un científico de la República Popular de la China que trabajó en el Instituto por un año y científicos internacionales en el campo de los cambios globales que vinieron a Puerto Rico bajo el auspicio del Fondo Mundial Para la Vida Silvestre para discutir los bosques nublados.

EL CENTRO DE INFORMACIÓN TÉCNICA DEL IIDT

El Centro de Información Técnica del IIDT es una base para la información técnica que se utiliza en el Instituto. Actualmente, el Centro cuenta con alrededor de 20,000 volúmenes de

libros y publicaciones que describen muchos aspectos de los bosques tropicales. Estamos suscritos a más de 100 revistas profesionales de varios países tropicales. Cada año el Centro despacha más de 18,000 pedidos de documentos a todas partes del mundo. Los servicios incluyen la búsqueda de literatura referente a tópicos de bosques tropicales, referidos y entrega de documentos.

La construcción de las nuevas facilidades del Centro se completó en 1995. Éstas permitirán que continúe ampliándose y aumentandose servicios a los clientes del IIDT. En 1995 los científicos de IIDT editaron 45 publicaciones.

VIAJES

A continuación algunos viajes sobresalientes para personal del IIDT en 1995:

Se presentó un trabajo y se encabezó una sesión especial sobre el Manejo de Arroyos Tropicales Montanos para la Asociación Internacional de Geomorfólogos en Singapur.

Se presentó un trabajo y se presidió unas sesiones técnicas en el Congreso Mundial de la Unión Internacional de Organizaciones Dedicadas a la Dasonomía (IUFRO, sus siglas en inglés) en Tampere, Finlandia.

Reunión con oficiales forestales de la Organización de Alimentos y Agricultura (FAO, sus siglas en inglés) en Roma para discutir actividades de investigación sobre la rehabilitación de la biodiversidad. Este programa se logró en colaboración con el Servicio Forestal estadounidense, el Banco Mundial, el Centro Para la Investigación Internacional Forestal (CIFOR, sus siglas en inglés), la Administración Para el Desarrollo en el Extranjero del Reino Unido (ODA, sus siglas en inglés).

Se facilitó capacitación en la silvicultura a 30 estudiantes de Sur y Centroamérica para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica.

Se prestó asistencia bajo el programa de Bosques Nacionales Hermanos en Panamá y Jamaica.

Se facilitó capacitación en el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, sus siglas en inglés) y el Sistema de Información Geográfica (GIS, sus siglas en inglés) a varias agencias y comunidades en Belém y Uruara-Pará, Brasil.

Se viajó a Venezuela para estudiar la factibilidad de desarrollar acuerdos para estudiar la regeneración de manglares luego de explotación forestal.

Se participó en un coloquio latinoamericano en la Universidad de Harvard.

Se presentó un seminario en la Universidad de Stanford en California sobre el Manejo de los Ecosistemas y la Rehabilitación de los Bosques Tropicales.

INVESTIGACIONES

Más allá de razones geográficas, Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos de América son lugares lógicos para actividades de investigaciones tropicales estadounidenses. Por ejemplo, muchas de las 547 especies de árboles encontradas en estas islas boscosas también se encuentran en otras islas del Caribe y de Centro o Suramérica. Puerto Rico y las Islas Vírgenes estadounidenses también sirven como residencias invernales para aves migratorias de América del Norte y reciben la influencia de varios sistemas de circulación atmosféricas globales. Además de lo anterior, los cambios en el uso de terrenos que Puerto Rico ya ha experimentado son similares a las etapas de desarrollo que están ocurriendo hoy día en muchos lugares tropicales.

Cuatro principales áreas de programa dirigen el enfoque investigativo del IIDT. Estos incluyen el manejo de bosques, manejo de ecosistemas, manejo de vida silvestre y la ecología social.

Investigaciones Sobre el Manejo de Bosques

Los científicos del IIDT le proveen a los administradores de recursos naturales la información necesaria para que los bosques tropicales se puedan manejar de una manera sostenida y segura desde el punto de vista ambiental. Otra investigación de manejo de bosques se concentra en establecer y mantener plantaciones de bosques tropicales para el máximo rendimiento económico. También se busca desarrollar maneras de manejar bosques secundarios para maximizar el beneficio a poblaciones locales, al igual que probar técnicas para rehabilitar terrenos forestales que han sufrido daños. Estos esfuerzos están dirigidos no solo a Puerto Rico, sino también a otras áreas de bosques tropicales.

Hay un aumento en América tropical de bosques tropicales que anteriormente habían sido bosques deforestados o terreno agrícola. A pesar de que los bosques secundarios en el trópico son vastos y siguen aumentando, los mismos no se entienden muy bien. Los científicos de IIDT investigan los problemas que surgen al establecer y manejar un bosque secundario.

En Puerto Rico, parcelas a largo plazo han rendido gran cantidad de información valiosa acerca de la competencia en el crecimiento a largo plazo y el desarrollo de rodales en los bosques secos, húmedos y muy húmedos. Se han establecido cientos de pequeñas plantaciones y pruebas de la adaptación de especies para más de 150 especies nativas y exóticas.

Resumen de Logros:

- Se publicaron manuscritos sílvicos para 14 especies de árboles importantes para Puerto Rico y la región.

- Se tradujeron al español varias monografías sílvicas para incorporarse a un manual de Silvicultura.

- Se publicó una guía de terminología con las equivalencias científicas, técnicas y palabras comunes de dasonomía en portugués e inglés.

- Se completó un trabajo para una guía de campo para los árboles de la Amazona de Brasil a la vez que se comenzó un trabajo similar cuyo enfoque es la flora medicinal de la India Central.

- Se estableció un programa de investigación internacional con el apoyo del Banco Mundial, del Centro Para Investigaciones Forestales Internacionales (CIFOR, sus siglas en inglés), y la Administración Para el Desarrollo en el Extranjero del Reino Unido.

- Se llevó a cabo un censo botánico del Cañón de San Cristóbal en Puerto Rico a petición del Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico.

Manejo de Ecosistemas

Las cuencas hidrográficas tropicales son refugios naturales excelentes para diversas especies de plantas y animales, así como unos importantes recursos de agua y componentes principales de ciclos biogeoquímicos. Los científicos dedicados al estudio del manejo de ecosistemas buscan determinar la magnitud y frecuencia de los disturbios humanos y naturales que afectan los bosques tropicales y su reacción a nivel de ecosistema. Los estudios se concentran en los efectos que tienen los huracanes, desprendimientos, las prácticas forestales, las carreteras y la recreación en los recursos de los bosques. Los científicos del IIDT estudian las cuencas hidrográficas, la biogeoquímica, los cambios globales y los cambios ecológicos a largo plazo.

Estudios Sobre Cuencas Hidrográficas

Gran parte de la investigación relacionadas con las cuencas hidrográficas en el Bosque Experimental de Luquillo tiene lugar en las Cuencas Hidrográficas Experimentales de Bisley en cooperación con la Universidad de

Puerto Rico y el Programa de Investigaciones Ecológicas a Largo Plazo, (LTER, sus siglas en inglés) auspiciada por la Fundación Nacional Para Las Ciencias. Aquí los científicos y técnicos estudian la vegetación, el ciclo hidrológico y la disponibilidad de nutrientes en las cuencas. Los componentes tales como la calidad del agua, la biomasa, la disponibilidad de nutrientes, la vida silvestre, las dinámicas de vegetación y los modelos de ecosistemas son parte del programa.

El conocimiento de los impactos que tiene la recreación en los ecosistemas de bosques tropicales es esencial para mantener un ecoturismo sostenible y bosques tropicales maduros. Se han establecido parcelas de estudio permanentes en el Bosque Experimental de Luquillo para determinar y darle seguimiento a los impactos asociados con varios tipos de recreación.

Estudios Sobre Usos de Terrenos

El análisis de pasados usos de terrenos en Puerto Rico ayuda en la identificación de los impactos a largo plazo que ocasionan diversas prácticas de terreno en los recursos de bosques tropicales. Ejemplos de estas prácticas incluyen la producción de carbono, la cosecha selectiva de árboles y usos agrícolas como plantaciones de café o para forraje.

Bosques Tropicales Secos

Los bosques tropicales secos componen un 42% del territorio de todo el terreno de bosques tropicales y subtropicales y sostiene la mayor parte de la población humana que habita en el trópico. A diferencia de los bosques húmedos y pluviales, los bosques secos no han recibido tanta atención científica. La unidad de Investigación de IIDT está llevando a cabo estudios en St. Croix y St. John, Islas Vírgenes de los Estados Unidos, además de la Reserva Biosférica del Bosque Estatal de Guánica, al suroeste de Puerto Rico.

Los Bosques Tropicales y la Atmósfera

Se están estudiando las interacciones químicas y físicas de los bosques tropicales y la atmósfera. Por más de 13 años, los científicos y colaboradores del Instituto han estado estudiando los ciclos de carbón en los bosques tropicales a nivel local, regional y global. El énfasis actual está en la influencia que ejerce la desforestación tropical y los cambios en el uso de terreno sobre la composición química atmosférica, el almacenaje de carbón en la atmósfera y la influencia del clima en la distribución de la biota tropical.

En cooperación con la Agencia de Protección Ambiental de los EU y varias universidades en los Estados Unidos, Holanda, Corea y Costa Rica, los efectos de la desforestación y los cambios en el uso de terreno en las emisiones del suelo y los gases atmosféricos se están estudiando en las tierras bajas de Costa Rica.

Resumen de Logros:

- Se continuaron y extendieron los estudios sobre los efectos de disturbios naturales y producidos por el hombre en bosques neotropicales. Más de 15 estudiantes y científicos visitantes colaboraron en proyectos de campo y en el monitoreo a largo plazo. Estudios de corto plazo continúan en Puerto Rico, Costa Rica y Brasil.

- Se adelantaron estudios en modelaje hidrológico del Bosque Experimental de Luquillo, en la transpiración del bosque nublado, en los nutrientes ribereños y en la dinámica de gases de poca o baja concentración a lo largo de un forraje hacia la sucesión de bosques secundarios.

- En colaboración con la Agencia Para Estudios Geológicos de los Estados Unidos (USGS, sus siglas en inglés) se completó el primer mapa GIS por el laboratorio de GIS del Instituto.

- Investigaciones recientes en torno a las Cuencas Hidrográficas Experimentales de Bisley en Puerto Rico se han concentrado en determinar las variaciones espaciales y temporales de disturbios y los procesos de ritmo de los ecosistemas.

- La investigación desarrolla métodos para medir y comparar la magnitud, frecuencia y período de recuperación para varios disturbios naturales y producidos por el hombre, tales como deslizamientos de tierra, sequías, huracanes, caídas de árboles y la cosecha selectiva. Los resultados indican que el tiempo que se requiere para que un componente del ecosistema se recupere de un disturbio aumenta el período de intercambio en los aumentos de los componentes. Además, los componentes de los ecosistemas re recuperan más rápidamente que la repetición de esos disturbios que afectan los componentes.

- Los métodos y principios de investigación se aplicaron al diseño de planes de mitigación para los deslizamientos de tierra, los huracanes y las sequías. También se utilizaron para evaluar el impacto de la calidad del agua y la integridad ecológica de los arroyos montanos. Finalmente, estos mismos principios y métodos se utilizaron para evaluar la efectividad de los esfuerzos de la reforestación en los bosques.

- Investigaciones recientes en torno al cambio global se han concentrado en el óxido nitroso. La atmósfera acumula este gas que se mantiene por largo tiempo (150 años) en la atmósfera. A diferencia de los ecosistemas templados, los ecosistemas tropicales son ricos en nitrógeno. Trabajos recientes confirman que en los bosques tropicales se desatan altas cantidades de óxido nitroso después de disturbios; bien sea éstos producidos por la naturaleza o por el hombre. El papel que juegan los fertilizantes en estos procesos también es motivo de estudio.

- Presiones cada vez más fuertes para la extracción adicional de agua de los arroyos del Bosque Nacional del Caribe y la necesidad de mantener el agua para la recreación, la investigación y el mantenimiento del ecosistema han creado conflictos entre los muchos usuarios de las aguas del bosque. Se necesita cuantificar los diferentes valores del agua en el bosque y determinar los impactos que tienen los usos del agua en los ecosistemas del bosque.

- Los valores socioeconómicos de los recursos de agua del bosque también están siendo evaluados. El valor del agua para las comunidades aledañas tiene más magnitud que su valor actual en el mercado. Existe un compromiso de parte de la comunidad local de mantener la integridad ecológica de los ecosistemas del bosque.

- El flujo mínimo que se requiere de las aguas para mantener la integridad ecológica del medioambiente acuático ha demostrado el papel importante que juegan las variaciones en el flujo mínimo de las aguas para mantener la diversidad ecológica de estos arroyos montanos. Tanto agencias locales de recursos naturales como agencias federales han adoptado guías para determinar los flujos mínimos. Actualmente estas guías se están poniendo a prueba a lo largo de Puerto Rico.

- La investigación en Puerto Rico y otros países tropicales ha demostrado que los plantíos de árboles en suelo tropical degradado puede aumentar dramáticamente lo que de otra manera sería una recolonización lenta de especies nativas al bosque. Esto ocurre através de la modificación de condiciones microclimáticas del sotobosque, creando así un clima más favorable para que se establezcan bosque y flora nativos y atrayendo vida silvestre que sirven para esparcir semillas. Esto puede resultar en el enriquecimiento progresivo de la biodiversidad biológica. Se están llevando a cabo trabajos de

investigación con universidades y otras organizaciones dedicadas a la investigación en países latinoamericanos, el Africa y la región asiática del Pacífico. Los datos que se extraen de estos estudios se utilizarán para poner a prueba la hipótesis a niveles locales y tropicales para limitar con más exactitud las condiciones geográficas y biofísicas, los tipos de plantaciones y las opciones de manejo bajo las cuales aumentos significativos en las tasas de sucesión natural del bosque y enriquecimiento florístico pudiera ocurrir.

Investigación de Vida Silvestre

Conforme el desarrollo y la fragmentación de bosques tropicales y subtropicales continúen, de la misma manera se verán amenazadas por la extinción grandes cantidades de especies de vida silvestre. No sólo se verán amenazadas las especies endémicas del trópico, sino también así las aves migratorias de norteamérica debido a la pérdida de áreas de invernación. El programa de investigación sobre vida silvestre del IIDT estudia los disturbios que pueden amenazar muchas especies. Estos incluyen la fragmentación del bosque, las prácticas silviculturales y de corte de árboles y los disturbios naturales. Los investigadores del IIDT identifican y caracterizan los tensores de hábitat que amenazan o ponen en peligro a las poblaciones de vida silvestre para así desarrollar mejores prácticas de manejo. Los estudios a largo plazo se concentran en la población biológica y la ecología de los zorzales pardos, las aves del Bosque Seco de Guánica al suroeste de Puerto Rico y las variaciones en el abasto de alimentos de la Cotorra de Puerto Rico.

Resumen de Logros:

- El programa de vida silvestre incluyó tanto la continuación del monitoreo a largo plazo como estudios de campo a corto plazo. Se continuó con el monitoreo a largo plazo de poblaciones de zorzales pardos (un competidor para los nidos de la cotorra puertorriqueña en el Bosque Experimental de Luquillo), aves migratorias residentes (incluyendo reinitas del Bosque Enano, una especie sensitiva para el Servicio Forestal de los EU) y neotropicales en diferentes hábitats del BEL. El monitoreo también continuó para las poblaciones de aves migratorias residentes y neotropicales en el Bosque Seco de Guánica.

- Se comenzó un proyecto de tres años cuyo propósito es levantar encuestas y monitorear las aves migratorias neotropicales en tres hábitats de la Base Naval de Sabana Seca en Puerto Rico.

- Se obtuvo información acerca de la sobrevivencia y la tasa anual de retorno de las aves migratorias neotropicales en cafetales aislados de diferentes tamaños. Esta información se extrajo de un estudio a corto plazo en la República Dominicana que no ha terminado. También se obtuvo datos adicionales en torno al uso de cafetales en sombra tanto por aves migratorias neotropicales como residentes. Estudios recientes se concentran en la conversión hacia las cosechas de café soleadas en el neotrópico y los efectos de esta conversión en la biodiversidad regional. Las comparaciones de cafetales soleadas y en sombra indican que el conteo de aves es significativamente más alta en cafetales en sombra. Para estimular a algunos cafetaleros a que mantegan sus doseles en sombra, se ha iniciado un esfuerzo para promover la rotulación de empaques de café identificando ésos de origen en sombra. Con esto se espera que aquellos consumidores ambientalistas puedan comprar café cosechado en sombra estimulando así el sostenimiento de árboles de sombra en paisajes tropicales. Los cafetales en sombra son de gran valor tanto para las aves migratorias como para las residentes.

Investigación en el Área de Ecología Social

El manejo efectivo de bosques y su desarrollo sostenible depende no sólo de las condiciones físicas y técnicas de manejo científicas, sino también de una gama de factores sociales y económicos. Esto es especialmente cierto en América tropical donde algunos habitantes del bosque pertenecen a tribus indígenas y donde existe una varieded de hacendados pequeños y grandes.

La investigación sobre la ecología social que se realiza en el IIDT se concentra en las dimensiones humanas del manejo de bosques y se dirige a las relaciones entre las poblaciones humanas y los recursos de los bosques. Estos estudios incluyen la cuantificación del valor económico de los bosques tropicales así como los efectos sociales y ambientales de la recreación sobre los mismos.

Resumen de logros:

- Se completó un análisis del valor basado en la energía y la emergía del Bosque Experimental de Luquillo (BEL) y Puerto Rico. El mismo se ha publicado y ha sido presentado en reuniones y en sociedades profesionales.

- Se completó una medida del uso de agua conteniendo estimados del valor económico del agua que se extrae del BEL. Se utilizó este informe en la planificación del recurso de agua por el Bosque Nacional del Caribe y agencias gubernamentales locales.

- Un estudio en torno a las prácticas agrícolas y la historia social y ecológica de áreas de investigación en Bosque Nacional de Tapajós en Brasil también se terminó y fue aceptado para publicación. Se publicará en un tomo de especies sobre los valores económicos y sociales de los bosques brasileños.

COOPERACIÓN INTERNACIONAL

La Unidad de Cooperación Internacional del IIDT sirve de base para la interacción y labor cooperativa entre administradores de recursos e investigadores de América Latina y los EU. La unidad se nutre de la información recopilada de la investigación del IIDT y la capacidad y destrezas en el manejo de terrenos del Bosque Nacional del Caribe (BNC) para proveer información y herramientas técnicas através de la transferencia de tecnología.

El programa está financiado por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los EU (USDA, sus siglas en inglés) en cooperación con la Agencia de los EU. Para el Desarrollo Internacional (USAID, sus siglas en inglés). Los especialistas designados a la Unidad de Cooperación Internacional suministran información en áreas tales como el manejo de ecosistemas, la silvicultura y la utilización de los bosques. Todos los programas del IIDT y el BNC contribuyen a la misión de cooperación internacional de intercambiar conocimientos decisivos para la sostenibilidad de ecosistemas tropicales. Esto incluye su contribución a la humanidad por medio de la demostración, capacitación, el intercambio científico y la transferencia de tecnología.

Los administradores de programas identifican esos clientes necesitados de información incluyendo agencias gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y entidades privadas. Se generan nueva información y experiencias a través de proyectos y actividades de investigación y respaldo financiero a proyectos escogidos. Los administradores de los Programas de Cooperación Internacional participan en la selección de proyectos y están envueltos en su planificación, monitoreo y avaluación.

Resumen de logros:

- Para el año fiscal 1995, el Instituto asumió un papel mayor en el desarrollo y la implementación de los programas del Servicio Forestal del USDA y cooperadores en Brasil. Un programa cooperativo con USAID y el Servicio Forestal brasileño

medirá los efectos que tiene sobre el ecosistema el corte selectivo de árboles. En adición se elaboraron planes para incorporar los estudios de cambios globales como elemento significativo de este programa. El mismo comprende traer la NASA y otros cooperadores al proyecto y conseguir acuerdos y compromisos con la campaña programada de la NASA en la cuenca amazónica. Se extendieron los programas del Servicio Forestal en Brasil para incluir las Organizaciones No Gubernamentales (ONG) y se estableció un enlace de comunicación continua con el Bosque Nacional de Tapajós en Brasil y el Bosque Nacional del Caribe.

- El IIDT proveyó la base para que los Estados Unidos analizara y desarrollara su posición referente a la posible inclusión de la caoba de hoja grande bajo la convención sobre el Comercio Internacional de Especies en Peligro de Extinción (CITES, sus siglas en inglés). El Instituto contó con relaciones ya establecidas con cooperadores para aunar los mejores datos disponibles. Estos datos demostraron que la especie sigue ocupando sus pastizales históricos aunque en cantidades reducidas y en aparente aumento.

DASONOMÍA ESTATAL Y PRIVADA

El Programa de Dasonomía Estatal y Privada del IIDT trabaja de cerca con las agencias de recursos naturales del gobierno local y de las Isla Vírgenes estadounidenses para brindar beneficios públicos. Su meta es compartir recursos e ideas a fin de maximizar la cooperación y el grado de eficiencia de las agencias de recursos naturales del gobierno local y el gobierno federal.

El programa de Dasonomía Estatal y Privada provee asistencia técnica para la protección y manejo de los ecosistemas de bosques, la salubridad de los bosques, el manejo de fuegos silvestres y productos forestales especiales.

Resumen de logros:

- Se formó un Equipo Conceptual de Asesoría Forestal para proveer dirección en el manejo de ecosistemas al Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico (DRNA).

- Se desarrolló el primer plan de Recurso Forestal Estatal proveyendo dirección general para todos los programas Forestales Cooperativos administrados en Puerto Rico. El DRNA también desarrolló el plan para la Administración de los Bosques y Recursos Naturales Relacionados en Terrenos Privados de Puerto Rico.

- Se preparó el Plan de Reacción a Emergencias para el Caribe.

- En septiembre, el Servicio Forestal de USDA brindó asistencia en los esfuerzos de reacción a la emergencia de las Islas Vírgenes estadounidenses como resultado del huracán Marilyn que asotó a las islas. El Servicio Forestal ayudó a la Agencia Federal Para el Manejo de Emergencias (FEMA, sus siglas en inglés) en la distribución de casi 3 millones de libras de provisiones a centros de recaudación en las Islas Vírgenes.

- A través de los esfuerzos del IIDT, la Sociedad Internacional de Arboricultura - Capítulo del Sur - se amplió exitosamente para incluir capacitación y certificación para sus miembros en Puerto Rico y las Islas Vírgenes estadounidenses.

EL BOSQUE NACIONAL DEL CARIBE

Los empleados del Bosque Nacional del Caribe (CNF, sus siglas en inglés) tienen a su cargo el manejo diario de un bosque tropical de 28,000 acres de extensión localizado en el lado este de Puerto Rico a unas 25 millas de San Juan. Conocido localmente como el Yunque, el bosque también se le ha designado el Bosque Experimental de Luquillo debido a los programas de

investigación tropical que allí tienen lugar. El énfasis del programa del manejo del BNC incluyen recreación, vida silvestre y agua. El personal del BNC labora conjuntamente con el IIDT para estudiar los usos y la recreación de la clientela, estudios de cuencas hidrográficas, Sistema de Información Geográfica y programas de vida silvestre.

Resumen de logros:

- El programa cooperativo para el recobro de la Cotorra Puertorriqueña sigue alcanzando logros al verse un aumento en anidajes.

- La llegada a Puerto Rico de la abeja africanizada hará más difícil el manejo de estructuras para anidaje de la Cotorra Puertorriqueña. Más de la mitad de las 76 estructuras para anidaje localizadas en el Bosque se vieron infestadas de abejas el año pasado. Se espera que la abeja africanizada, más agresiva y prolífica que la existente especie de abeja melífera, muy pronto la reemplace por completo, aumentando así el peligro para las cotorras.

- En 1995 se intensificó la colaboración con el IIDT para el monitoreo y la investigación relacionada con la vida silvestre y la pesquería. Continúa la labor de diseño de estudios y recolección de datos para determinar los efectos que tienen pequeñas represas y la desviación de aguas en los ecosistemas acuáticos. Se firmó un acuerdo con el DRNA de Puerto Rico para ayudar en el monitoreo de arroyos en la periferia del Bosque para así determinar los impactos a las especies acuáticas cuando se extrae el agua.

LABORATORIO DE PRODUCTOS FORESTALES

El Laboratorio de Productos Forestales cuenta con una pequeña unidad en Puerto Rico cuyo enfoque es la micología tropical. La oficina central del Laboratorio de Productos Forestales se encuentra en Madison, Wisconsin y contribuye a la conservación y manejo de bosques al utilizar la ciencia y la tecnología para mejorar la utilización de la madera.

PARA MAS INFORMACIÓN: sobre los programas y proyectos del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, sírvase comunicarse a la siguiente dirección: Director, PO Box 25000, Río Piedras, PR 00928-5000

INVESTIGACIONES SOBRE LA REHABILITACIÓN DE BOSQUES TROPICALES

John A. Parrotta
Investigador Forestal

Trabajos de investigación llevados a cabo tanto en Puerto Rico como en varios países tropicales han demostrado que la siembra de árboles (de especies nativas o exóticas) en tierras tropicales degradadas puede aumentar dramáticamente lo que de otra manera sería una recolonización lenta de especies nativas. Bajo condiciones apropiadas estas plantaciones parecen "catalizar" la sucesión natural de bosques: (1) modificando las condiciones y los suelos del sotobosque, creando así un ambiente más favorable para que la flora nativa del bosque pueda establecerse; y (2) atrayendo vida silvestre que sirva para dispersar semillas, lo que puede llevar al enriquecimiento progresivo de la diversidad biológica. Este fenómeno puede ser de importancia particular en terrenos donde los procesos de degradación han llegado a una etapa en donde se han empobrecido los semilleros y rizomas, y donde barreras ecológicas de significancia imposibilitan o disminuyen severamente la sucesión natural del bosque. Si se entendieran mejor los procesos implícitos en la sucesión de bosques a través de plantaciones catalizadoras, se podrían identificar áreas escogidas en el mundo y estimular la regeneración natural de bosques nativos en tierras degradadas creando así opciones para el manejo de bosques donde antes existían muy pocas, si algunas.

En marzo de 1995, el Instituto comenzó un proyecto de investigación en colaboración titulado "El Efecto Catalítico del Sembrado de Árboles en la Rehabilitación de la Biodiversidad de Bosques Nativos: Un Análisis Exploratorio" a fin de proveer una base científica fuerte para el fenómeno de la rehabilitación de bosques nativos catalizados por plantaciones. Este proyecto está recibiendo apoyo financiero del Banco Mundial, el Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR, sus siglas en inglés) y de la Administración para el Desarrollo en el Extranjero (ODA/UK, sus siglas en inglés). Se están llevando a cabo investigaciones en colaboración con universidades y otras organizaciones en varios países de América Latina (Costa Rica, Brasil), Africa (el Congo, Malawi, Sudáfrica) y la región del Pacífico asiático (Australia, Hawaii).

Investigadores en cada país o región estarán examinando una serie de hipótesis referentes a la importancia relativa de varias condiciones ambientales y factores de manejo que ejercen influencia en el proceso de la regeneración de bosques nativos dentro de bosques de diferentes edades ya establecidos. Se utilizarán lugares escogidos para comparar el desarrollo de la diversidad biológica (la florística de los sotobosques, la vida silvestre y la composición de esporas micorrizas) dentro de las plantaciones establecidas, y en lugares sin sembrar controlados en tierras desde moderada a altamente degradadas. Los datos que se derivarán de estos estudios se utilizarán para poner a prueba la hipótesis de estudio, tanto en los niveles locales como en los pantrópicos para así, y con mayor exactitud, delimitar las condiciones geográficas y biofísicas, los tipos de paisajes y las opciones para el manejo de plantaciones bajo los cuales pudiera ocurrir aumentos significativos en la tasa de sucesión forestal natural y enriquecimiento florístico. Dependiendo de los resultados favorables que pudieran producirse de este estudio exploratorio de 18 meses, se espera desarrollar estudios futuros cuyo enfoque serían los valores y la política socioeconómica.

Del análisis exploratorio se esperan dos objetivos importantes adicionales. El primero es el resumen de datos existentes que provienen de fuentes editadas e inéditas; datos pertinentes para la hipótesis de estudio. El segundo es establecer enlaces informales con organizaciones que realicen trabajos de investigación similares o relacionados a técnicas para la rehabilitación y/o restauración de bosques tropicales.

INVESTIGACIONES ECOLÓGICAS

Ariel E. Lugo
Ecólogo

Se publicaron artículos en tres áreas de investigaciones ecológicas: la conservación de bosques tropicales, los humedales y ríos y la estructura y dinámica de los bosques tropicales. Los resúmenes de estos artículos están reproducidos a continuación.

LA CONSERVACIÓN DE LOS BOSQUES TROPICALES

El Bosque Nacional del Caribe, un Bosque Nacional bajo la jurisdicción del Servicio Forestal de los Estados Unidos de Norteamérica, y una Reserva Biosférica de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, contiene el único bosque tropical primario en Puerto Rico. La planificación para los usos futuros del Bosque Nacional del Caribe ha sido controversial y sirve como un estudio representativo de la aplicación de regulaciones federales que han sido diseñadas para zonas templadas continentales a condiciones tropicales insulares. El artículo de Lugo (1994a) contiene una descripción del marco histórico-ambiental del Bosque Nacional del Caribe y presenta argumentos a favor y en contra de la preservación de sus bosques primarios. Dada la historia del manejo protector del bosque por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, parece poco probable que la agencia abogue por la conversión de los únicos bosques tropicales bajo la jurisdicción del gobierno de los Estados Unidos sólo para satisfacer requisitos del Acta Nacional de Áreas Silvestres y/o el Acta Nacional de Planificación Forestal. La planificación, el manejo y la conservación del Bosque Nacional del Caribe puede servir como modelo para tales actividades en el Caribe y los trópicos de América, pero sólo si demuestra un balance entre el uso intensivo de rodales adecuados y la protección absoluta de bosques primarios.

La visión del peor de los casos para el futuro de los bosques tropicales se basa o cree que los bosques tropicales son extraordinariamente frágiles, que el crecimiento continuo de la población aumentará la demanda de los productos del bosque más allá de lo que pudieran producir, que el aumento de la dependencia tecnológica resultará en una acelerada y mayor destrucción catastrófica de recursos, y que la avaricia humana, la política pública descarriada y el fracaso del mercado también ocasionarán la destrucción de los bosques tropicales, independientemente de lo que se haga para protegerlos (Lugo 1995). Todas estas opiniones se basan en la experiencia. Sin embargo, existen alternativas. La opinión de que los bosques tropicales son extraordinariamente frágiles se basa en ideas formadas en torno a las propiedades de los ecosistemas que han sido modificadas desde los 1970's, cuando éstas prevalecían. Hoy día, los ecólogos enfatizan la flexibilidad que tienen los bosques tropicales y su capacidad para regenerarse luego de disturbios naturales. Como resultado de la actividad humana, los medio ambientes de los bosques tropicales han cambiado y siguen cambiando a paso acelerado. Aunque se puede dirigir el cambio hacia unos efectos negativos menores, aún en el mejor de los casos, los bosques tropicales del futuro estarán expuestos a condiciones atmosféricas diferentes y podrían sostener una combinación de especies diferentes, incluyendo más especies exóticas y cosmopolitas y menos especies endémicas. El ser humano debe mejorar las actividades de manejo para que éstas incluyan el paisaje completo en una escala a largo plazo. También debe utilizar tecnologías que sean ecológicamente sensibles para así rehabilitar los ecosistemas deteriorados. La población humana deberá estar más concentrada, permitiendo así una mejor distribución de alimentos y fibras, un mejor procesamiento de aguas negras, y por ende, minimizar el daño a

la biota. El éxito que pudiera tener el manejo de los paisajes tropicales dependerá de la atención que se le dé a los factores socioecológicos, a la educación del pueblo hacia asuntos de conservación de recursos, al enfoque de la actividad de investigación y al fortalecimiento de las instituciones de manejo de recursos.

HUMEDALES Y RÍOS

Los bosques de palmas de sierra que crecen en las laderas empinadas del Caribe se caracterizan por la poca riqueza de especies, la estructura sencilla de sus comunidades, y las variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad (Lugo *et al*. 1995). Se estudiaron dos rodales de la palma *Prestoea montana* en el Bosque Experimental de Luquillo por un período de 40 años para determinar el estado sucesional de la palma de sierra. El rodal que experimentó mayor cantidad de lluvia presentó menos especies de árboles, mayor dominio de especies y menor cambio de especies que el rodal que tuvo menos lluvia. La estructura y química del suelo varió grandemente, tanto vertical como horizontalmente, y no pudo explicar los cambios espaciales en la estructura de los rodales. Los árboles dicotiledóneos crecieron más altos en los lugares con menos drenaje, con suelos más profundos, encima de los cerros o en las laderas empinadas. Las palmas dominaron en los terrenos pantanosos y las áreas saturadas de agua. La combinación de condiciones geológicas, climáticas (incluyendo tormentas y huracanes) y geomórficas, resultaron en un medio ambiente de palmas de sierra frecuentemente alterado. La respuesta biótica a semejantes condiciones aparenta ser sucesiones cíclicas caracterizadas por un pequeño grupo de especies que se sustituyen mutuamente, mortalidades catastróficas, tasas de crecimiento rápidas luego de disturbios y permanencia de la fisionomía del bosque de palmas. Sugerimos que la sucesión en las palmas de sierra sigue diferentes direcciones dependiendo del tipo de disturbio y las condiciones del lugar (fig. 1). Las condiciones del lugar son variables a pesar de que siempre están mojadas y son geomorfológicamente inestables.

Los bosques de mangle de San Salvador son un buen ejemplo de un ecosistema bajo tensión (Lugo 1994b). El mangle rojo, *Rhizophora mangle*, parece ser la especie más afectada por las condiciones de tensión de esta Isla. Indicadores de tensión son baja estatura de árbol, hojas pequeñas y rígidas, abundancia de hojas senescentes, orientación vertical de las hojas, dosel escaso y alta frecuencia en la incidencia de plántulas albinas. Los factores de tensión son salinidad alta, baja energía de marea, períodos de inundación cortos o largos, poca fertilidad de suelo y pobres condiciones de crecimiento. Estas tensiones son el resultado de poca lluvia, la ausencia de descargas de ríos o agua dulce hacia los mangles, las pobres condiciones geomorfológicas y la poca disponibilidad de nutrientes. Estos bosques son lugares óptimos para estudiar las reacciones de los manglares a tensiones crónicas, la ecofisiología de las plantas bajo tensión, la composición de las especies y la función del ecosistema, particularmente desde el punto de vista del ciclaje de nutrientes.

Se midió la exportación de N, P, iones mayores y SiO_2 para arroyos que drenaban cuencas de bosques pluviales tropicales en tres islas de origen volcánico en las Antillas Menores (McDowell *et al*. 1995). La estructura de los bosques nativos era similar en cada isla pero variaba el uso de terreno. Los patrones de la exportación de nitrógeno inorgánico siguió los patrones de uso de terreno, con la mayor exportación (7 kg ha^{-1} $año^{-1}$) del área de captación más densamente poblada. El fósforo siguió un patrón diferente, con la exportación mayor (0.5 kg ha^{-1} $año^{-1}$) del área de captación con la menor densidad poblacional y menor agricultura. La exportación de cationes base y sílica varió primordialmente con el aflujo. La proporción del desgaste debido a la acción corrosiva de los elementos naturales fue alta en estas cuencas húmedas del trópico, con la exportación de 400 a 800 kg ha^{-1} $año^{-1}$ de SiO_2.

Estos datos presentan uno de los primeros cálculos del impacto del uso de terreno en la exportación de nutrientes de pequeños arroyos tropicales y señalan el impacto que pudiera tener la química del suelo y los efectos del desgaste debido a los agentes atmosféricos al regular el flujo de fósforo desde terrenos volcánicos.

LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LOS BOSQUES TROPICALES

La estructura y dinámica forestal en el Bosque Experimental de Luquillo (BEL) se organiza a lo largo de un gradiente de altitud que refleja condiciones atmosféricas, edáficas y topográficas en las montañas de Luquillo (Lugo y Scatena 1995). La circulación global impulsa las condiciones atmosféricas en BEL. A pesar de su clima tropical favorable, el medio ambiente en BEL tiene períodos de tensión considerables asociados a temporales y huracanes. Estos eventos desatan derrumbes y períodos masivos de mortalidad repentina de árboles lo cual afecta grandemente las condiciones de sucesión y el crecimiento del bosque. Las principales condiciones abióticas que causan tensión en la biota son: (1) la tensión mecánica ocasionada por fuertes vientos y lluvias, (2) una fuerte lixiviación de todas las superficies por aguas prácticamente puras con un alto potencial químico, (3) un terreno inestable sujeto a movimientos masivos desde donde se espera que las plantas se fijen y crezcan y (4) suelos saturados y anaeróbicos. Discutimos catorce respuestas bióticas a estos retos abióticos: (1) doseles forestales lisos, (2) mortalidad episódica de árboles, (3) dominio en tamaño y edad entre la población de los árboles, (4) una diversidad alta en las formas de vida, (5) una interceptación y retención de nutrientes por epífitas y otras formas especializadas de vida, (6) una interceptación mayor de agua, (7) una formación de uniones de árboles y un crecimiento o morfología con mucha plasticidad, (8) una modificación microtopográfica por los árboles, (9) una importancia dominante de ciertos grupos de organismos, (10) un alto cambio de especies en microescalas, (11) hojas de sol y sombra con el fenómeno de heterofilia, (12) densidad alta de raíces, de la biomasa de raíces y alta tasa de cambio de raíces pequeñas, (13) un alto cambio de nutrientes y materia orgánica como resultado de la dinámica de raíces y vegetación y (14) tasas constantes en los procesos ecosistémicos en rodales maduros. Debido a disturbios y la mucha lluvia, el control biótico sobre los ciclos de nutrientes y el cambio de materia orgánica parece ser crítico. Identificamos cinco interfaces principales donde la biota ejerce control sobre estos parámetros, formando la base para la elasticidad de los ecosistemas forestales en el BEL (fig. 2). Estas interfazes y sus controles bióticos claves son: (1) la interfaz atmosférico-terrestre dominado por epífitos y hongos atmosféricos, (2) la interfaz en la superficie del suelo dominada por microorganismos y animales como lombrices de tierra, (3) la interfaz planta-suelo dominada por plantas vasculares de corteza dura y poblaciones de animales como termitas, (4) la interfaz terrestre-acuático dominada por un conjunto de especies de animales y plantas acuáticas y anfibias, y (5) la interfase aeróbico-anaeróbico dominado por bacterias y hongos.

Los bosques adscritos al lugar de Investigación Ecológica a Largo Plazo (LTER, sus siglas en inglés, i.e., Long Term Ecological Research Site) del Bosque Experimental de Luquillo están sujetos a disturbios extendidos de baja intensidad. Esto establece niveles de mortalidad de trasfondo que contrastan con las mortalidades catastróficas periódicas resultantes de huracanes y derrumbes (Lugo y Waide 1993). A pesar de que la mortalidad catastrófica es más dramática, la mortalidad de trasfondo es aún más importante al determinar el cambio poblacional. Sin embargo, la mortalidad catastrófica pudiera ser factor importante en la determinación de la estructura del ecosistema. Los disturbios catastróficos afectan la función del bosque de muchas maneras adicionales a la mortalidad, algunas de las cuales son aparentes sólo en el contexto de estudios a largo plazo. Debido a que la mayoría de los ecosistemas están sujetos a

alguna forma de disturbio catastrófico, los principios generales pueden derivarse de estudios comparativos de disturbios en sistemas diferentes. (Ver figuras, versión inglés).

LITERATURA CITADA

Lugo, A.E. 1994a. Preservation of primary forests in the Luquillo Mountains, Puerto Rico. Conservation Biology 8:1122-1131.

Lugo, A.E. 1994b. San Salvador mangroves: an ecosystem under chronic stress. Páginas 60-63 *en* L.B. Kass, editor. Proceedings of the 5th symposium on the natural history of the Bahamas. Bahamian Field Station, San Salvador, Bahamas.

Lugo, A.E. 1995. Tropical forests: their future and our future. Páginas 3-17 *en* A.E. Lugo y C. Lowe, editores. Tropical forests: management and ecology. Springer-Verlag, Nueva York.

Lugo, A.E., A. Bokkestijn y F.N. Scatena. 1995. Structure, succession, and soil chemistry of palm forests in the Luquillo Experimental Forest. Páginas 142-177 *en* A.E. Lugo y C. Lowe, editores. Tropical forests: management and ecology. Springer-Verlag, Nueva York.

Lugo, A.E. y F.N. Scatena. 1995. Ecosystem-level properties of the Luquillo Experimental Forest with emphasis on the tabonuco forest. Páginas 59-108 *en* A.E. Lugo y C. Lowe, editores. Tropical forests: management and ecology. Springer-Verlag, Nueva York.

Lugo, A.E. y R.B. Waide. 1993. Catastrophic and background disturbances of tropical ecosystems. Journal of Biosciences 18:475-481.

McDowell, W.H., A.E. Lugo y A. James. 1995. Export of nutrients and major ions from Caribbean catchments. Journal of the North American Benthological Society 14:12-20.

INVESTIGACIÓN EN PLANTACIONES

John K. Francis
Investigador Forestal

Se lograron varios adelantos en la investigación de plantaciones durante el año pasado. Cinco publicaciones (enumeradas al final de este artículo) son el resultado del trabajo realizado en años anteriores. Tres publicaciones ameritan atención especial. Se demostró que un método (Francis 1994a, Francis 1995a) recientemente desarrollado utilizando equipo bastante sencillo, una barrena de carpintero y una regla delgada, sirve para determinar con precisión la densidad en esos árboles cuya madera fluctúa de blanda a muy dura. Barrenas de crecimientos grandes, anteriormente utilizadas para medir la densidad de los árboles vivos, son caras y difíciles de usar en árboles con madera dura. Recientemente salió a la luz pública un informe técnico general (Francis 1994b) que presenta un diccionario inglés y portugués de equivalencias científicas, técnicas y comunes de esas palabras utilizadas en la literatura y conversación forestal. Se enumeran por orden alfabético unos listados de cerca de 2,000 palabras y sus equivalencias tanto en inglés como en portugués. Por mucho tiempo, la verdadera extensión de plantaciones de árboles en Puerto Rico ha sido tema de especulación y confusión. Recopilaciones hechas en 1988 y finalmente publicadas (Francis 1995b) indican que existen menos de 4,000 hectáreas de plantaciones de árboles de maderamen y varios miles de hectáreas de plantaciones con árboles no maderables. Las plantaciones componen un 1.4% de los bosques públicos. Durante 1988, aserraderos puertorriqueños reportaron sólo 797 metros cúbicos de madera aserrada.

Durante el año, tres adiciones se hicieron al Manual de Silvicultura Tropical. Las monografías publicadas fueron: *Coccoloba uvifera* (Parrotta 1994a), *Ficus citrifolia* (Francis 1994c) y *Thespesia populnea* (Parrotta 1994b). Con estas se suman a 76 especies publicadas en la serie del Manual de Silvicultura Tropical y 20 especies tropicales en el Manual de Silvicultura de los Estados Unidos. Unas cuantas monografías de otras especies se encuentran en la imprenta o en preparación. Su traducción en español está en progreso.

Recientemente se completaron unas medidas con un plazo de cinco años. Las medidas se hicieron para una prueba de especies informales en los terrenos del Albergue Olímpico. El lugar con una extensión de una hectárea, presentó al sembrar un reto de dificultad particular. Esto no sólo por los 900 mm de lluvia anual que cae, sino también debido a que durante la construcción de las facilidades, al área se le removió tierra de la superficie para que ésta sirviera de relleno. El substrato de plantación se compuso de un subsuelo que flutuaba de 15 a 50 cm sobre una piedra volcánica fracturada. Se sembraron 21 especies, todas adaptadas al área. En adición, ya presentes en el área, habían 8 especies, la mayoría plántulas. *Hemaetoxylum campechianum* sembradas y *Prosopis juliflora* naturales demostraron ser éxitos obvios en el peor de las áreas con una mejoría anual en *Tamarindus indica*. *Swietenia macrophylla X mahagoni, Enterolobium cyclocarpum, y Samanea saman* están progresando en los suelos más profundos. *Albizia lebbeck, Eucalyptus tessillaris, Acacia aureculiformis, Leucaena leucocephala* (la variedad gigante) y *Pithecellobium dulce* (plántulas naturales) están creciendo bien en suelos de profundidad intermedia.

LITERATURA CITADA

Francis, J.K. 1994a. A simple and inexpensive method for extracting wood density samples from tropical hardwoods. Tree Planter's Notes 45(1):10-12.

Francis, J.K. 1994b. English-Portuguese equivalents of forestry and conservation terms. General Technical Report SO-109. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 45 p.

Francis, J.K. 1994c. *Ficus citrifolia* P. Miller Jagüey blanco. SO-ITF-SM-75. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.

Francis, J.K. 1995a. Simple and inexpensive method for extracting wood density samples from living trees. Páginas 159-160 *en* J.A. Parrotta y M. Kanashiro, editores. 18-22 April 1993. Santarém, Pará, Brazil; Management and rehabilitation of degraded lands and secondary forests in Amazonia. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, Río Piedras, Puerto Rico.

Francis, J.K. 1995b. Forest plantations in Puerto Rico. Páginas 210-223 *en* A.E. Lugo and C. Lowe, editores. Tropical forests: management and ecology. Springer-Verlag, Nueva York.

Parrotta, J.A. 1994a. *Coccoloba uvifera* (L.) L. Sea grape, Uva de playa. SO-ITF-SM-74. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

Parrotta, J.A. 1994b. *Thespesia populnea* (L. Soland ex Correa) Portia tree, Emajagüilla. SO-ITF-SM-76. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 5 p.

INVESTIGACIÓN DE VIDA SILVESTRE

Joseph M. Wunderle, Jr.
Biólogo de Vida Silvestre

Durante el año fiscal 1995 hemos continuado con el tercer año de nuestra investigación en las plantaciones de café en la República Dominicana. Al objetivo original de este trabajo, que era determinar la importancia de las plantaciones de café para las aves migratorias invernando en las mismas, se le ha añadido determinar qué hace a las plantaciones de sombra atractivas para las aves.

DISTRIBUCIÓN INVERNAL DE AVES MIGRATORIAS NEOTROPICALES EN PEQUEÑAS Y GRANDES PLANTACIONES DE CAFÉ EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

Muchas aves migratorias neárticas son sensitivas a la fragmentación forestal en las zonas templadas, debido a que la productividad de anidaje decrece en los fragmentos pequeños. La fragmentación en las zonas de migración tropical también podría afectar la sobrevivencia de las aves migratorias. Por lo tanto, el tamaño de los fragmentos en la sobrevivencia invernal podría ser asunto de vital importancia en la conservación de las aves migratorias en el trópico. Nuestra investigación actual examina este asunto utilizando 14 plantaciones de café en sombra de distintos tamaños (de 0.25 a 8.5 ha), mayormente aisladas en pastizales, para determinar: (1) la influencia del tamaño y el aislamiento de la plantación de café en la diversidad y abundancia de aves migratorias, (2) la persistencia invernal de aves migratorias, particularmente de *Dendroica caerulescens, Setophaga ruticilla, Mniotilta varia* y *Seiurus aurocapillus*. Los resultados de este año son similares a los del año pasado e indican que la persistencia invernal en las plantaciones de café es comparable a la de los bosques nativos en el Caribe y que el tamaño de la plantación tiene poco o ningún efecto en la persistencia invernal. Por lo tanto, los pequeños remanentes de bosques pueden ser de gran importancia en los esfuerzos de conservación de aves migratorias.

Abundancia de Aves en las Plantaciones de Café de Sol y de Sombra

Recientemente, varias autoridades han manifestado preocupación acerca de los efectos ecológicos de la conversión del café de sombra tradicional a una forma de cultivo nueva, de alta intensidad, donde el café se cultiva a pleno sol, con la ausencia de un dosel que provea sombra. Estas plantaciones de café a pleno sol requieren un alto uso de pesticidas, que al combinarlo con la eliminación del dosel, puede contribuir a la reducción de la biodiversidad. Tomando en cuenta la gran extensión de terreno dedicada al cultivo de café en el neotrópico, la conversión a café soleado probablemente tendrá repercusiones mayores en la biodiversidad regional. A pesar de los posibles efectos negativos de esta conversión, no se ha realizado un estudio para cuantificar las diferencias entre ambas clases de plantaciones. Por lo tanto, iniciamos un estudio para comparar la abundancia de especies individuales y las características del andamiaje de la comunidad de aves en plantaciones de café de sol, de sombra y en remanentes de bosques nativos de pino. Estas comparaciones de las poblaciones de aves nos permitirá predecir algunos de los cambios en la abundancia de aves a medida que la conversión a café soleado se lleva a cabo en el neotrópico.

Nuestras comparaciones indican que el conteo de aves es significativamente mayor en las plantaciones de café de sombra que en las de sol. La diferencia es atribuida a la mayor cantidad de aves residentes ya que el número de aves migratorias era similar en ambas plantaciones.

Aún cuando la abundancia de aves fue mayor en las plantaciones de café de sombra, el número de especies (la riqueza de especies) fue similar en ambas plantaciones. Por lo tanto, la mayor diferencia entre las dos plantaciones no radica tanto en el número de especies como en el tipo de especies. Por ejemplo, las plantaciones de café de sombra con un dosel de *Inga vera* se caracterizaron por una abundancia de nectívoros, una proporción mayor de machos en dos especies de aves migratorias neárticas (*Dendroica caerulescens* y *Setophaga ruticilla*) y especies comunes en bosques latifoliados. En contraste, las plantaciones de café de sol poseen más frugívoros, proporciones mayores de hembras de las mismas dos especies de aves migratorias y especies típicas de matorral. Concluimos que el café de sombra contribuyó a la biodiversidad en las regiones agrícolas al proveerle un hábitat a las especies de bosques latifoliados en contraste al café de sol, que, como mucho, provee un hábitat para las especies de matorral.

Ecología del Forrajeo de Aves en las Plantaciones de Café de Sombra en la República Dominicana

Para documentar la importancia del dosel en las plantaciones cuantificamos dónde y cómo las aves forrajean en las plantaciones de café de sombra. Estas observaciones nos permitió evaluar la importancia del dosel en relación a las plantas de café plantadas en el sotobosque para atraer a las aves las plantaciones.

Observamos un total de 24 especies alimentándose en las plantaciones, pero limitamos nuestro análisis a 19 con un tamaño de muestra adecuado (6 especies migratorias y 13 residentes). Todas las especies fueron observadas alimentándose en la cubierta de *Inga vera*, aunque todas se diferenciaron al grado en que ocurrían allí en relación al café (figs. 1 y 2). Ocho especies (42%) se alimentaron exclusivamente en el dosel o subdosel y no usaban el café para forrajear, mientras que ninguna especie usó el café exclusivamente, aunque el *Todus angustirostris* se alimentó más frecuentemente en el café que en dosel. Estos hallazgos indican que la gran mayoría de las especies forrajean en las plantaciones de café, por el dosel que éste contiene, y muy pocas, de hecho, usan las matas de café para forrajear.

La Aplicación de los Estudios de Vida Silvestre en el Café

Para animar a algunos caficultores a que conserven sus plantaciones con el dosel, se está llevando a cabo un esfuerzo para etiquetar los paquetes de café como procedentes de una plantación de café de sombra (Rainforest Alliance, por ejemplo). Esto permitiría al consumidor con conciencia ambiental a que compre el café de sombra, creando así un mercado que estimulará la conservación del dosel en varias áreas del trópico. Tal como nuestro trabajo lo demuestra, estas plantaciones son muy valiosas tanto para las aves residentes como para las migratorias. Nuestro trabajo establecerá guías para hacer las plantaciones de café atractivas a las aves, lo que servirá de base para el esquema de etiquetamiento de los paquetes de café. (Ver figuras, versión inglés).

Proyectos Adicionales

Una traducción al español de mi guía de métodos para censos de aves (Wunderle 1994) se publicó durante este período. En esta guía, resumo los métodos censales establecidos usados para el conteo de aves terrestres y proveo instrucciones y recomendaciones para biólogos de vida silvestre y oficiales de manejo de recursos en el Caribe (Wunderle 1995).

LITERATURA CITADA

Wunderle, J.M. 1994. Census methods for Caribbean land birds. General Technical Report SO-98. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experimental Station. 26 p.

Wunderle, J.M. 1995. Métodos para contar aves terrestres del Caribe. General Technical Report SO-100. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experimental Station. 28 p.

INVESTIGACIONES A LARGO PLAZO DE AVES

Wayne J. Arendt
Biólogo de Vida Silvestre

COMUNIDAD DE AVES EN El BOSQUE DE GUÁNICA

Mi colega, El Dr. John Faaborg de la Universidad de Missouri-Columbia y yo, hemos estado monitoreando las aves migratorias y residentes del Bosque de Guánica al suroeste de Puerto Rico, por un período de 22 años. El resumen de los temas de nuestra investigación y de los resultados del estudio, fue publicado en Faaborg y Arendt (1990). Hemos encontrado recientemente una disminución abrupta de una de las aves endémicas de Puerto Rico: El Bienteveo (*Vireo latimeri*). A continuación, presento un resumen (tomado de Faaborg *et al.*, en imprenta) que expresa nuestras preocupaciones y hallazgos.

La población de Bienteveos en el Bosque de Guánica muestreada con una línea de mallas, ha disminuido durante los pasados 22 años a razón anual de cerca de 5% (fig. 1). Se encontró una marcada pero evidente disminución entre los años 1989-1995 en nueve líneas de mallas (totales combinados) (fig. 2). Esta disminución poblacional resulta aún más evidente cuando se considera el número promedio anual de Bienteveos capturados durante los últimos siete años de muestreo en todas las nueve líneas de mallas en el bosque (fig. 3). La disminución de la razón de captura fue incrementada por dos razones: (1) una taza de supervivencia anual reducida, bajando de 0.68 ± 0.08 entre 1973-1900 (Faaborg y Arendt 1995) a 0.61 ± 0.05 entre 1991-1995 (Faaborg *et al*, en imprenta); y (2) un éxito reproductivo bajo debido en parte al parasitismo reproductivo (78% de 156 nidos, con un éxito de 13%) por parte del tordo lustroso (Molothrus bonariensis) [Nota: la información del parasitismo fue obtenida por Bethany Woodworth, una Ph.D. graduada de la Universidad de Minnesota]. Aunque hemos tenido Bienteveos que han vivido diez años (un individuo sobrevivió un mínimo de 13 años y 2 meses), la mayoría de los Bienteveos de mayor edad desaparecieron en 1995, lo que sugiere que no hay individuos jóvenes en la población para sustituirlos.

Las tasas reproductivas y de supervivencia reducidas aún por debajo del nivel de reemplazo, han resultado en la disminución poblacional observada. Pero, ¿cuáles son los factores causantes? Desde el 1973, hemos encontrado grandes fluctuaciones en las poblaciones de aves, como resultado de variaciones en la precipitación en respuesta a las sequías prolongadas que ocurren a menudo en el Bosque de Guánica (Faaborg y Arendt 1992). Sin embargo, las poblaciones de aves insectívoras, incluyendo a los Bienteveos, son generalmente poco correspondientes a la lluvia. Además, otras aves insectívoras como el Juí de Puerto Rico (*Myarchus antillarum*) y la Reinita Mariposera (*Dendroica adelaidae*) no han demostrado disminuciones poblacionales durante este período. La única diferencia de mayor importancia que hemos observado en el Bosque de Guánica entre 1973-1995 es el aumento reciente de tordos lustrosos en la época de reproducción. Nuestros censos y capturas durante la década de 1970 y al final del 1980 no evidenciaron la presencia de un solo tordo, aunque éstos han sido reportados en otros hábitats en la Isla. Sólo atrapamos un tordo (10 de enero de 1988) en nuestros 22 años de estudio. Los tordos se han considerado comunes en el bosque sólo dentro de los últimos 5-7 años.

Ya que el Bosque de Guánica ha servido como uno de los hábitats sin disturbio en el oeste de la Isla para el Bienteveo, creemos que es impertivo continuar el monitoreo de las poblaciones en el bosque (y en cualquier hábitat apropiado para la especie), con la esperanza de determinar y aliviar los factores causantes que podrían llevar algún día a la extinción del Bienteveo.

MONITOREO DE AVES MIGRATORIAS NEOTROPICALES

Este es nuestro segundo año de monitoreo sobre la diversidad de especies de aves migratorias neotropicales y residentes, y el uso de hábitat en tres bosques costeros únicos y a la vez en desaparición: manglar, bosque de palo de pollo (*Pterocarpus officinalis*) y el bosque costero kárstico. Éstos se encuentran localizados en la Base de Actividad y Seguridad Naval de los Estados Unidos en Sabana Seca (Toa Baja), Puerto Rico.

Diversidad de especies

Las aves migratorias neotropicales componen casi una tercera parte de las especies encontradas regularmente, tanto en el manglar (11 de 35 especies hasta el momento) como en el bosque de palo de pollo (9 de 28 especies). De las 12 especies migratorias neotropicales encontradas en los tres hábitats en conjunto, 11 de éstas (92%) han sido encontradas en el manglar, y 9 especies (75%) en el bosque de palo de pollo. El bosque costero kárstico es usado regularmente por aves migratorias neotropicales durante el otoño (septiembre - noviembre), y especialmente durante la migración primaveral (marzo - mayo). La importancia del manglar y del bosque de palo de pollo resulta evidente cuando consideramos el número total de individuos y la abundancia relativa de varias especies.

Números totales y abundancia relativa

El resultado de los censos mensuales por el método de puntos de conteo demuestra sin lugar a dudas que, durante octubre a mayo, las especies migratorias neotropicales dominan las comunidades de aves en el manglar y en el bosque de palo de pollo, tanto en números como en abundancia relativa. La Pizpita de mangle (*Seiurus noveboracensis*) es, sin ningún rival cercano, la especie terrestre dominante en el manglar y en el bosque de palo de pollo durante la invernación del neártico. Las restantes cuatro especies de aves migratorias más comunes en orden de abundancia son: la Candelita (*Setophaga ruticilla*), la Reinita Rayada (*Mniotilta varia*), la Reinita Pechidorada (*Parula americana*) y el Marín Pescador (*Ceryle alcyon*). La Reinita de Costa (*Dendroica discolar*), la Reinita Pica Tierra (*Geothlypis trichas*) y la Pizpita Dorada (*Dendroica discolor*), la Reinita Pica Tierra (*Geothlypis trichas*) y la Pizpita Dorada (*Seiurus aurocapillus*), son más comunes de lo que sugieren los resultados de los censos. Estas especies son sigilosas y discretas, por lo que son difíciles de detectar durante los censos audiovisuales. La Reinita Anaranjada (*Protonotaria citrea*) es menos común, capturada u observada con poca frecuencia.

Los datos de los censos y de las capturas con redes no pueden compararse directamente, debido a las diferencias inherentes en sus diseños. Sin embargo, la captura con redes ha resultado productiva en los tres tipos de bosque, a pesar de estar limitada a la vegetación del sotobosque. Los resultados son comparativos con los censos audiovisuales en términos de las especies capturadas y de la abundancia relativa total. Una vez más, a excepción del bosque kárstico, las especies migratorias neotropicales representan un componente importante en las comunidades de aves, tanto en la riqueza de especies como en la abundancia relativa.

Especies dañinas

El Tordo Lustroso es común en los tres tipos de bosque. Esto es desafortunado, debido a que es un parásito reproductor, capaz de bajar el potencial reproductor de su huésped. Se ha observado a los machos cantando para atraer a los tordos hembras, y se ha observado a las hembras siguiendo a Canarios de Mangle y a Bienteveos de rama en rama, tratando de buscar el nido de sus huéspedes. Debe evaluarse y monitorearse más de cerca el impacto del tordo lustroso sobre el anidamiento de las aves residentes.

Importancia del Bosque costero Kárstico

En adición a su valor de servir como un hábitat de parada (y en menor grado una

sobre-invernación) para los migratorios neotropicales, el bosque kárstico contiene más de la mitad (8 de 14) de las aves endémicas de Puerto Rico. Sin embargo, debido a que la razón de retorno de individuos capturados es casi nulo, es posible que muchas especies estén usando el bosque kárstico más para el forrajeo que para el anidaje. Pero antes de llegar a estas conclusiones, es necesario realizar estudios más extensos de capturas con redes, anidamiento y monitoreo contínuo. Durante el 1995, se confirmó el anidamiento de la Paloma Cabeciblanca *(Columba leucocephala)*, un ave muy codiciada por los cazadores y a la vez en peligro de desaparecer. Una vez más, debido al desarrollo comunitario contínuo alrededor de la Base, su importancia de bosque kárstico costero a la avifauna regional ha sido manifestada.

Otra especie única, la Reinita Mariposera *(Dendroica adalaidae)*, que aunque no es endémica de Puerto Rico, posee una distribución limitada e interrumpida, se encuentra también en Santa Lucía y en la pequeña isla de Barbuda, políticamente afiliada con Antigua. Los censos mensuales han demostrado que esta especie es abundante, y se encuentra ampliamente dispersa por las pequeñas franjas de bosque kárstico que quedan en la Base Naval.

Posible detección auditiva del Carrao

Durante un censo primaveral en el manglar, R. Díaz escuchó la vocalización fuerte e inconfundible de un Carrao (*Aramus guarauna*) durante unos quince minutos. La vocalización fue confirmada posteriormente al escuchar la grabación *Caribbean Bird Songs*. Debido a que esta especie fue reportada oficialmente por última vez en 1959 y se cree extinta en la Isla excepto por reportes ocasionales en los "valles pantanosos y dispersos de los mogotes en el Bosque Estatal de Río Abajo y sus alrededores" (Raffaele 1983), se justifica un estudio cuidadoso y un reporte de su estatus.

Estudios adicionales e implicación de universidades locales

La Base Naval de los Estados Unidos ha extendido los fondos para proyectos de estudio por dos años adicionales. Dentro de las perspectivas de la Base, las investigaciones adicionales que resultarán de la extensión de los fondos, complementarán la información de vida silvestre que será ofrecida al público que visitará la vereda interpretativa en el pantano a lo largo de *Redman Road*, en los confines del *North Tract*. Las investigaciones adicionales que se puedan alcanzar ahora, aumentarán la amplitud y utilidad de las guías para el manejo de los hábitats que se generarán de este estudio, y que también formarán el objetivo principal de la fase de investigación del proyecto.

De acuerdo a las perspectivas de gran prioridad e importancia para la Base Naval en términos de la conservación, preservación e interacción con la comunidad, los fondos facilitarán en gran manera la gran necesidad de investigación y el monitoreo de estos bosques únicos de rápida desaparición, a través de la participación de estudiantes y personal de las universidades locales. Entre algunos estudios de investigación y programas de manejo a desarrollarse por la facultad y los estudiantes, podrían incluirse (pero no necesariamente limitarse a) los siguientes: (1) el impacto del Tordo Lustroso en las aves que anidan, con especial énfasis en el Bienteveo, la Reinita Mariposera, e ictéridos relacionados, como por ejemplo: El Mozambique (*Quiscalus niger*) y la Calandria (*Icterus dominicensis*). Podría incluirse en el estudio un monitoreo continuo sobre el número de especies que usa como huéspedes, incidencias y extensión del parasitismo reproductor, y el éxito reproductivo tanto del parásito como del huésped. (2) Estatus (que incluya su distribución espacio-temporal) y éxito reproductivo de la Paloma Cabeciblanca en el bosque kárstico (inclusive los hábitats circundantes si aplican). (3) Posible presencia y estatus del Carrao a lo largo de la costa norte (no se limita necesariamente a la propiedad de la Base Naval). (4) Estatus (incluyendo la

distribución espacio-temporal, abundancia y reproducción) del Pájaro Bobo Pechiblanco (*Coccyzus americanus*) y del Pájaro Bobo Menor (*Coccyzus minor*) en los tres tipos de hábitats muestrados, incluyendo los posibles mecanismos físicos, biológicos y ecológicos que han permitido que ambos congéneres estrechamente relacionados demuestren la simpatría observada en los dos bosques pantanosos. (5) Estatus, incluyendo distribución espacio-temporal, abundancia y reproducción del Julián Chiví (*Vireo altiloquus*) y del Bienteveo en los tres hábitats muestrados, con el fin de estudiar la aparente parapatría (aunque posiblemente sea simpatría) observada en el bosque kárstico, entre estos dos congéneres estrechamente relacionados. Este estudio podría derivarse del estudio del Tordo y el Bienteveo, debido a que el Julián Chiví es también altamente parasitado por el tordo (obs. pers.). (Ver figuras, versión inglés).

Resumen del proyecto

Este proyecto continúa revelando asuntos de manejo e investigación que sin lugar a dudas afectarán el futuro de las guías del uso de terrenos de la Base Naval y la política relacionada a la protección y empleo de los tres bosques muestreados. Con la adición de fondos el resultado de las investigaciones y las estrategias de manejo tendrán un mayor alcance, y por tanto serán más significativas en la administración de las tierras manejadas por la Base Naval de los Estados Unidos.

LITERATURA CITADA

Faaborg, J. y W.J. Arendt. 1990. Long-term studies of Guánica forest birds. Acta Científica 4(1-3):69-80.

Faaborg, J. y W.J. Arendt. 1992. Rainfall correlates of bird population fluctuations in a Puerto Rican dry forest: a 15-year study. Ornitol. Carib. 3:10-19.

Faaborg, J. y W.J. Arendt. 1995. Survival rates of Puerto Rican birds: Are islands really that different? Auk 112:503-507.

Faaborg, J., K. Dugger, B. Woodworth, W.J. Arendt, y M. Baltz (en imprenta). Evidence for precipitous declines in the Puerto Rican Vireo of Guánica Forest, Puerto Rico.

Raffaele, H. 1983. A guide to the birds of Puerto Rico and the Virgin Islands. Fondo Educativo Interamericano, San Juan, PR. 253 p.

INVESTIGACIÓN DE VIDA SILVESTRE

Robert A. Askins y David N. Ewert
Biólogos de Vida Silvestre
Connecticut College
y
The Nature Conservancy

Durante el mes de enero de 1995 hemos estudiado el comportamiento alimenticio y la disponibilidad de presas para las aves residentes en invierno en St. John, Islas Vírgenes estadounidenses. Este estudio se basó en otro que desarrollamos en 1993 y usamos exitosamente en 1994. Además, medimos la abundancia de las aves migratorias en St. John, continuando un estudio sistematizado iniciado en 1987. Nuestro principal propósito es el de perfeccionar el método de medida de disponibilidad de presas para las aves residentes en invierno de manera que: (1) podamos ayudar ainterpr etar los cambios en las poblaciones de aves residentes en invierno en el Parque Nacional de Islas Vírgenes y (2) permitir comparaciones en la calidad del hábitat en diferentes islas del Caribe.

La principal superficie de forrajeo para la mayoría de las especies de aves migratorias fueron las hojas, por lo que unos estimados visuales de los artrópodos de las hojas nos pudo proveer idea de la abundancia de las presas. Las observaciones que hicimos del comportamiento de alimentación de las aves migratorias indican que aunque algunas especies típicamente se alimentan en la capa arbustiva, la mayoría lo hace principalmente en el dosel. Por lo tanto, muestreamos los insectos de las hojas tanto en los arbustos como en el dosel, en 1994 y 1995.

MÉTODOS

Comportamiento alimenticio: Establecimos el microhabitat y las técnicas alimenticias de las aves. Los movimientos de forrajeo y la superficie de alimentación fueron grabados usando una grabadora portátil. Usamos metros oculares y clinómetros para determinar la altura de alimentación. Para asegurar la independencia de las observaciones, en los análisis estadísticos sólo usamos la información del primer método alimenticio y de la primera superficie usada por el ave. Hicimos observaciones en diez áreas diferentes para evitar grabar observaciones del mismo individuo en repetidas ocasiones.

Abundancia de insectos en el sotobosque: Usamos una versión modificada del método de muestreovisual de hojas ("volteo de hojas") para medir los insectos en las hojas. Debido a la gran variedad de tamaños en las hojas en un bosque tropical, encontramos que era mejor utilizar el tiempo de observación (el número de insectos por minuto) que el número de hojas muestreadas (número de insectos por hoja). En cada estación, inspeccionamos ambas caras de las hojas en una líneaa la altura del pecho en un período de 2 minutos. Contamos caracoles, arañas e insectos, clasificando éstos últimos hasta su orden. Completamos censos en 140 estaciones en el bosque húmedo y en 60 en bosque seco, tanto en 1994 y 1995.

Abundancia de insectos en el dosel: Muestreamos los insectos de las hojas en el dosel mediante redes en astas protráctiles y colocándolas sobre una rama que estuviera entre 7 a 8 metros del suelo. La red contenía una bolsa plástica con un cordón que se ajustaba fuertemente alrededor de la base para atrapar los insectos que volasen. La rama luego se cortaba con unas tijeras de podar, de suerte que la red junto con la bolsa cayera al piso. Contamos caracoles, arañas e insectos, clasificando éstos últimos hasta su orden, tanto en la bolsa como en las hojas. Una muestra del dosel fue tomada en cada una de las 200 estaciones medidas para los insectos en los arbustos.

Abundancia de Aves: Usamos conteos de punto de radio fijo para estimar la abundancia relativa de las aves en 40 puntos en el bosque húmedo y en 22 en el seco. Los censos fueron completados en el mismo sitio de 1990, 1992, 1993 y 1994, y en la misma área de los de 1987. Anotamos todas las aves detectadas en un radio de 25 m del punto de muestreo durante un período de 10 minutos. Estos censos se completaban entre las 6:30 y 9:30.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Abundancia de Aves Migratorias: Nuestros estudios indican que la abundancia general de aves migratorias residentes de invierno ha declinado desde 1987. Mucho de este cambio se debe a la menor abundancia de *Parula americana*, el cual menguó en los bosques húmedos de un 0.8 por punto de censo en 1987 a 0.3 por punto en 1995 (fig. 1). Los resultados de los censos de las aves que se reproducen llevados a cabo en los Estados Unidos indican que las poblaciones de estas especies no declinaron significativamente allí ni en Canada entre 1980 y 1994 (El Censo de Aves Reproductoras de Norte América, Versión 94.1, 1995). Sin embargo, hubo una merma sustancial en las poblaciones de Maine y Nueva Escocia en este mismo período. Puede que los individuos de esta especie que invernan en St. John provengan de poblaciones que sí ha declinado en Norte América.

Comportamiento de Forrajeo: La altura promedio de forrajeo de cuatro de las especies más abundantes de aves migratorias; *Setophaga ruticilla, Parula americana, Dendroica discolor* y *Mniotilta varia*, fue de 7 a 10 metros sobre el nivel del suelo. Nuestra norma de altura para las muestras de insectos en el dosel fue determinada luego del análisis de la data preliminar del forrajeo de las aves. Las muestras de insectos del dosel reflejan primordialmente la disponibilidad de presas para *Setophaga ruticilla, Parula americana* y *Dendroica discolor* las cuales capturaban insectos de las hojas, aun cuando usaban maniobras aéreas; pero no serán relevantes en forma directa para *Mniotilta varia* porque ésta se alimenta primordialmente de la corteza de los árboles. Las muestras de insectos en los arbustos reflejará la disponibilidad de presas para *Wilsonia citrina*, quien se alimenta principalmente de los insectos del sotobosque.

Insectos en las hojas: Las muestras, tanto de la capa arbustiva como las del dosel, reflejan que las presas son más abundantes en el bosque húmedo, donde la mayoría de los insectívoros están concentrados, que en el bosque seco. Las densidades de insectos, caracoles y arañas fueron mayores en el bosque húmedo que en el seco para ambas capas de vegetación en 1994 y 1995 (fig. 3).

Las densidades de los individuos de insectos y de arañas varió grandemente de año en año, con los mayores números en ambos bosques en 1994 (figs. 2 y 3). La densidad de aves migratorias no estaba relacionada a la densidad de insectos. La densidad total de las aves fue menor en 1994 que en 1993 ó 1995, aun cuando las densidades de insectos y de arañas fue mayor durante el año 1994.

CONCLUSIONES

Aun cuando la abundancia total de aves migratorias en el Parque Nacional de Islas Vírgenes ha declinado desde 1987, esto se debe principalmente al disminución de una especie, *Parula americana*. Muchas otras poblaciones de aves migratorias han mantenido poblaciones relativamente estables entre 1987 y 1995. La abundancia de aves migratorias insectívoras es mayor en el bosque húmedo, donde la abundanciade insectos es mayor. Sin embargo, las diferencias en las abundancias de las aves migratorias entre 1993, 1994 y 1995 no estuvieron claramente relacionadas con los cambios anuales en las abundancias de artrópodos en las superficies de las hojas. Un monitoreo a largo plazo podría indicar si los cambios poblacionales en las Islas Vírgenes

están relacionados con cambios también a largo plazo de las poblaciones de artrópodos de las hojas o cambios poblacionales en las áreas de anidaje de estas especies en Norte América.

PRESENTACIÓN CIENTÍFICA

Un artículo sobre este proyecto fue presentado en el Simposio Internacional sobre Medidas y Monitoreo de la Diversidad Biológica Forestal en el Instituto Smithsoniano en Washington, DC, el 24 de mayo de 1995.

RECONOCIMIENTOS

Joseph M. Wunderle, Jr., Hunter Brawley, y Joseph Markow ayudaron con el trabajo de campo de 1995. Los fondos para el trabajo de campo durante 1995 fueron provistos por el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical (Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), el Servicio Nacional de Parques de los Estados Unidos, The Nature Conservancy, Capítulo de Islas Vírgenes, Caneel Bay Resorts y Maho Bay Camps. (Ver figuras, versión inglés).

LA CAOBA DE HOJA GRANDE Y CITES

Julio C. Figueroa Colón
Ecólogo

La caoba de hoja grande (*Swietenia macrophylla* King) es una de las especies de árbol neotrópico más estudiada y de más importancia comercial. Propuestas recientes para incluirla bajo la égida de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies en Peligro de Extinción (CITES, sus siglas en inglés) la han hecho foco de un debate a varios niveles en torno a la política de su uso y preservación. Los esfuerzos para incluir la caoba de hoja grande en el listado han demostrado ser controversiales debido a la falta de un consenso científico en cuanto a su distribución y estatus. Puntos específicos de contienda envuelven: la genética (alegaciones sobre la "erosión" de expresiones preferidas fenotípicas del pozo genético de la especie); la distribución (discrepancias en torno al alcance y la distribución actual de poblaciones naturales); el abastecimiento de cultivos (preguntas acerca de la cantidad y calidad del abastecimiento comercial y la regeneración natural); el manejo (el grado de receptividad que tiene la especie para prácticas de cultivos sostenibles); y el mercadeo (fuentes, consumidores, e impactos en la sobrevivencia de la especie).

CITES celebró su Reunión de las Partes de 1994 en Fort Lauderdale, Florida. Entre los temas a considerarse estuvo la propuesta presentada por los Países Bajos Holandeses de añadir la caoba de hoja grande al Apéndice II de la convención. El añadir especies requiere del voto de dos terceras partes; hubo 83 votos: 50 a favor y 33 en contra. La propuesta para incluirla en el listado fue rechazada.

El Instituto Internacional de Dasonomía Tropical tuvo un papel muy activo en el período que abrió paso a la Reunión de las Partes. Se produjo un informe (Figueroa Colón 1994) conjuntamente con la Fundación de Conservación de Puerto Rico que no respaldaba el que la caoba se incluyera en el listado. Las conclusiones presentadas en el informe incluyen lo siguiente: (1) quedan amplias áreas forestales que albergan poblaciones naturales de caoba de hoja grande. Estas áreas contienen grandes cantidades de madera comerciable; (2) el área de bosques protegidos que contiene poblaciones naturales de la especie es también amplia; (3) el comercio de caoba de hoja grande representa una pequeña fracción del abastecimiento comerciable disponible; (4) el crecimiento de los árboles compensa su talado a tal punto que las demandas actuales podrían satisfacerse con un manejo adecuado de reservas existentes; (5) la regeneración natural y artificial de la caoba de hoja grande puede ser muy prolífica; (6) dada la distribución amplia y la plasticidad ecológica de la especie, así como su nivel bajo de extracción, su regeneración abundante, y el proceso fortuito de su crecimiento, es poco probable que la erosión genética ocurra como resultado de actividades de explotación forestal; (7) no se encontró evidencia de erosión genética, o, si hubo alguna, hasta qué grado pudo haber ocurrido; (8) muchos factores afectan el estatus de la caoba de hoja grande, incluyendo problemas internos dentro de su distribución natural tales como la desforestación, la falta de manejo de los bosques, una ejecución de ley poco adecuada; (9) sólo se le puede atribuir al comercio internacional una fracción bastante baja del abasto disponible y del nivel de crecimiento anual de las poblaciones naturales de caoba; (10) por sí sola, la reglamentación del comercio internacional tendrá poco efecto positivo en la conservación de la especie. Este informe se utilizó por el gobierno federal al formular la posición oficial de los Estados Unidos ante la Reunión de las Partes. También se presentó un trabajo escrito (Figueroa Colón

y Lugo, en imprenta) en una reunión internacional de la caoba en Londres (UK) organizada por la Sociedad Linneana.

LITERATURA CITADA

Figueroa Colón, J.C. 1994. An assessment of the distribution and status of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). Informe auspiciado por la Fundación de Conservación de Puerto Rico y el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. Río Piedras, Puerto Rico. 25 págs. + mapas.

Figueroa Colón, J.C. y A.E. Lugo. (en imprenta). Big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King): points of contention concerning its listing in Appendix II of CITES. The Botanical Journal, The Linnean Society of London.

DIVERSIDAD DE HONGOS EN LOS BOSQUES TROPICALES

D. Jean Lodge
Investigadora Botánica
Laboratorio de Productos Forestales

Muestras de la colección de cultivos de hongos del Laboratorio de Productos Forestales (LPF) son evaluadas rutinariamente con el propósito de identificar la producción de enzimas y farmacéuticos, además de su función como agentes de "biopulping" de madera y "bioremediation" de derrames químicos tóxicos. Hemos estado trabajando con varios colaboradores para lograr determinar qué tipo de disturbios y factores ambientales están relacionados con la diversidad de hongos, con el fin de poder manejar efectivamente estos recursos y mejorar las estrategias de recogido para el cateo de productos naturales. El hongo basidiomicete descompone los desperdicios de hojas y, por lo general, no muestra preferencia de alojamiento (Lodge, en imprenta). Por el contrario, entre los hongos ascomicetes, la mitad de la especie Xylaria, la cual crece en hojas y frutas, presenta preferencias específicas de alojamiento en ciertas familias de plantas (Laessøe y Lodge 1994, Lodge y Laessøe 1995, Lodge, en imprenta; Laessøe, Lodge y Rogers, en preparación). A través de un proyecto investigativo en colaboración con Merck Research Laboratories (Polishook *et al.*, 1996), se encontró que también existe un alto grado de preferencia de alojamiento entre los hongos microscópicos (especialmente ascomicetes) que descomponen los desperdicios de hojas. Encontramos que el 58% de la composición de las especies de hongos microscópicos que fueron aisladas de los desperdicios de hojas de dos especies de árboles no se extendía sobre las mezclas ocurridas en el suelo del bosque. Esta información sugiere que los cateadores de productos naturales pueden aumentar al máximo la cantidad de hongos microscópicos disponibles para sus programas de "screening" si toman muestras de diversos tipos de hojas o especies de árboles. El total de especies recuperadas también aumentó significativamente al tomar muestras de áreas separadas por una distancia aproximada de 50m.

El estudio colaborativo, llevado a cabo con Polishook y Bills de Merck Research Laboratories, creó un protocolo para obtener un inventario completo de los hongos microscópicos cultivables en los desperdicios de hojas de un bosque tropical lluvioso (Polishook *et al.*, 1996; Lodge, en imprenta). Anteriormente, se intentó determinar en qué medida se extendía la composición de las especies de hongos sobre una mezcla de diferentes muestras de desperdicios de hojas, pero ésta fue tan baja que no fue posible estimar la riqueza total de las especies (Lodge y Cantrell 1995). Un estudio de los patrones espaciales de los hongos descomponedores de hojas basidiomicete en el Bosque Experimental de Luquillo y la región amazónica de Ecuador dieron lugar a los nuevos protocolos de muestreo utilizados para estimar la diversidad en estos hongos (Lodge y Cantrell 1995a,b). Los métodos para evaluar la diversidad de los hongos con frutas grandes en los bosques templados y tropicales han sido recopilados en un manual (O'Dell *et al.* y Burdsall *et al.*, en revisión).

La especificidad entre los hongos descomponedores de hojas, en general, no fue atribuible a los hongos que colonizaron las hojas vivas (i.e. los endófitos no patogénicos e infecciones inactivas de patógenos). D.J. Lodge, P.J. Fisher y B . Sutton encontraron 23 especies de hongos endófitos en las hojas vivas de un árbol *Manilkara bidentata,* localizado directamente sobre uno de los dos lotes con muestras de desperdicios utilizados por Polishook. Sin embargo, sólo cinco de estas especies fueron encontradas en las hojas en estado de descomposición del *Manilkara*. A su vez, dos de las cinco especies (*Phomopsis manilkarae y Phyllosticta sapotae)* podrían ser de huésped específico. Las tres especies *Xylaria* se encuentran comúnmente en varios huéspedes. Por lo tanto, sólo dos entre 204 especies de hongos encontradas por Polishook *et al.* 1996,

en las hojas descompuestas del *Manilkara* se originaron en las hojas vivas y tienden a ser de huésped específico.

La Dra. Sabine Huhndorf estudió los patrones de diversidad en hongos ascomicetes pequeños sobre la madera durante un año en El Verde. Este estudio post-doctoral estuvo financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Contrario a las preferencias de alojamiento que mostraban los ascomicetes que descomponen desperdicios de hojas, sólo una entre más de 350 especies era de huésped específico en la madera: *Schizoparme botrytidis*, sobre *Buchenavia capitata*. Entre los ascomicetes del género Xylaria presentes en la madera, sólo encontramos de 3 a 8, entre aproximadamente 100 especies, que tenían una fuerte preferencia de alojamiento o pertenecían a un género conocido por ser de huésped específico (Laessøe y Lodge 1994; Lodge y Laessøe 1995; Huhndorf y Lodge, inédito; Lodge, en imprenta). La Dra. Huhndorf encontró que existían marcadas preferencias por diámetros particulares de madera, tipos de madera que se degeneran y diferentes microhábitats (e.g., madera en el suelo vs. suspendida a <lm ó >lm sobre la superficie). Se descubrieron muchas especies no descritas y un género no descrito.

Se encontró que las acciones combinadas de los disturbios naturales y antropogéticos afectan la diversidad de los hongos. Los Drs. S. Stevenson y J. Landolt encontraron una sola especie de moho lamoso dictiostélido en los desperdicios de hojas del área de estudio de recuperación del bosque después del huracán Hugo, localizado en El Verde, en un área que tenia de 80 a 100% de cubierta forestal en las fotos aéreas del 1936, versus 8 especies en un área que tenía de 50 a 80% de cubierta forestal en 1936. Estos mohos lamosos se alimentan de bacterias. Los Drs. M. Willig y J. Zak (en imprenta) también encontraron que las bacterias depredadoras tenían más diversidad y actividad funcional en la parte de la red que presentaba mayor disturbio. S. Huhndorf, en contraste con los dos estudios mencionados anteriormente, encontró dos veces la cantidad de especies de pequeños ascomicetes en los lotes de madera de la parte de la red que presentaba menor disturbio. Más aun, las especies restringidas al área de mayor disturbio usualmente eran especies comunes. En los tres estudios citados anteriormente, es imposible separar el historial de los efectos relacionados al uso del suelo de los efectos del huracán Hugo en 1989. En el pasado, la intervención humana favoreció la abundancia de árboles como *Cecropia schreberiana y Casearia arborea*, los cuales eran más susceptibles a los daños ocasionados por el huracán que las especies que surgieron luego, como *Dacryodes excelsa y Sloanea berteriana* (Zimmerman *et al*. 1994).

LITERATURA CITADA

Burdsall, H.H. Jr., D.J. Lodge, S. Huhndorf y J. Stoklund (en revisión). Encuesta de mycodiversidad de substratos lignosos. (El autor puede variar, según se transfiere el texto entre capítulos) *En*: Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Fungi (G.M. Mueller, editor). Smithsonian Univ. Press. Sometido.

Laessøe, T. y D.J. Lodge. 1994. Three host-specific Xylaria species. Mycologia 86:436-446.

Lodge, D.J., P.J. Fisher y B.C. Sutton. 1996. Endophytic fungi of *Manilkara bidentata* leaves in Puerto Rico. Mycologia, 88:733-738.

Lodge, D.J. y S. Cantrell. 1995. Fungal communities in wet tropical forests: variation in time and space. Can. J. Bot 73 (Suppl.): S1391-S1398.

Lodge, D.J. 1997. Factors related to diversity of decomposer fungi in tropical forests. Biological Conservation, in press.

Lodge, D.J. y S. Cantrell. 1995. Diversity of litter agarics at Cuyabeno, Ecuador: calibrating sampling effort in tropical rain forest. The Mycologist 9:149-151.

Lodge, D.J. y T. Laessøe. 1995. Host preference in *Camillea verruculospora*. The Mycologist 9:146-148.

O'Dell, T., J. Ammirati y D.J. Lodge. (en revisión). Survey of forest floor macromycetes. (El autor puede variar, según se transfiere el texto entre los capítulos). *En*: Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Fungi (G.M. Mueller, editor). Smithsonian Univ. Press. En revisión.

Polishook, J.D., G.F. Bills y D.J. Lodge. 1996. Microfungi from decaying leaves of two rain forest trees in Puerto Rico. Journal of Industrial Microbiology 17:284-294.

Willig, M.R., D.L. Moorhead, S.B. Cox y J.C. Zak. 1996. Funcional diversity of soil bacterial communities in tabonuco forest: the interaction of anthropogenic and natural disturbance. Biotropica (Suppl.).

Zimmerman, J.K., E.M. Everham, III, R.B. Waide, D.J. Lodge, C.M. Taylor y N.V.L. Brokaw. 1994. Responses oftree species to hurricane winds in subtropical wet forests in Puerto Rico: implications for tropical tree life histories. Tropical Ecology 82:911-922.

¿DE DÓNDE PROVIENE EL N_2O?

Michael Keller
Investigador de Ciencias Físicas

El óxido nitroso es, en gran medida, un gas de invernadero olvidado. Su tasa de crecimiento, 0.3% anual durante los años 1980, no suena terriblemente alarmante. Las fuentes de donde proviene son poco conocidas y el control de emisiones de N_2O no brindaría "gratificación instantánea", debido a su larga vida atmosférica: 150 años. Por otro lado, esta larga vida atmosférica significa que cada molécula adicional que es emitida a la atmósfera podría contribuir al calentamiento del planeta. Las concentraciones de N_2O en la atmósfera van en aumento y sus efectos podrían afectarnos por mucho tiempo.

Nuestra ignorancia en cuanto a las fuentes y sumideros de N_2O es preocupante. La reserva actual está seriamente desproporcionada. Las fuentes (14 Tg-N/anual) sobrepasan a los sumideros (10 Tg-N/anual) por un 40%. Información recopilada de las corazas del hielo polar muestran que las concentraciones de N_2O en la atmósfera pre-industrial estaban cerca de los 228 ppb. Hoy día, la concentración excede los 310 ppb. ¿De dónde proviene este exceso en la reserva actual de N_2O? Sabemos que la quema de combustible fósil no es una fuente significativa, basado en numerosas mediciones que se han llevado a cabo. Otros procesos químicos, como la manufactura del ácido adípico (para fabricar nilón) y el ácido nítrico, contribuyen quizás a 1/8 parte de la desproporción.

Si miramos las fuentes biológicas naturales del N_2O, obtenemos una buena idea de dónde encontrar las fuentes perturbadas. El N_2O se forma a través de procesos microbiales. Para los procesos ocurridos en el suelo, los cuales producen 2/3 partes del N_2O natural, podemos utilizar el modelo conceptual del "Roto en la Cañería" (fig. 1), el cual relaciona directamente la cantidad de N_2O que se escapa por las goteras en la cañería con el flujo de N_2O que pasa a través de toda la cañería. El tamaño de las goteras es controlado por las propiedades del suelo, especialmente la cantidad de humedad que contenga. Gracias a nuestros conocimientos sobre ecología terrestre, sabemos que los ecosistemas templados son pobres en nitrógeno. Por el contrario, muchos ecosistemas tropicales son ricos en nitrógeno y las reservas actuales sugieren que mientras los ecosistemas templados y boreales no manejados producen aproximadamente 1.2 Tg N_2O-N anuales, los ecosistemas tropicales no manejados producen cuatro veces esa cantidad, 4.8 Tg anuales.

¿Qué sucede cuando estos ecosistemas son estorbados? Los disturbios a los ecosistemas templados generalmente no conducen a la emisión de grandes cantidades de N_2O porque la provisión de nitrógeno es escasa. Por el contrario, se han observado emisiones grandes de N_2O en el bosque tropical luego de sufrir disturbios naturales (e.g., huracanes) y antropogénicos. Debido a que la transformación de bosque a pradera es una práctica común de manejo de suelo en la América Tropical, sus efectos podrían contribuir en 1/10 parte de la desproporción anual, a nivel global, de N_2O.

Aunque lo que hemos mencionado anteriormente es importante, debemos de buscar flujos más substanciales en nuestra plomería si queremos encontrar una gotera lo suficientemente grande. Podemos encontrar grandes flujos de nitrógeno en lugares donde los agricultores utilizan fertilizantes que contengan nitrógeno para regar la tierra y donde los animales domésticos devuelvan a la tierra lo que han consumido. El uso anual de fertilizante de nitrógeno (aprox. 80 Tg-N) es mayor que la cantidad fija de nitrógeno biológico natural.

Durante dos décadas, se ha tenido conocimiento de que el fertilizante aumenta las

emisiones de óxido nitroso que salen de los suelos agrícolas. El uso de fertilizantes en el mundo desarrollado ha llegado al máximo. Sin embargo, en el mundo que está en desarrollo (casi sinónimo de mundo tropical), el uso de fertilizantes se duplicó en los años '80. Más aun, todo tiende a indicar que la misma cantidad de fertilizante de nitrógeno produce más óxido nitroso bajo condiciones tropicales que bajo condiciones templadas.

¿Se tendrá que enfrentar el mundo a escoger entre la producción de alimentos y el cambio atmosférico? No necesariamente. Si se mejora el manejo de fertilizantes, quizás podamos reajustar la plomería del nitrógeno con la ayuda de las plantas. Es necesario diseñar sistemas agronómicos para los trópicos que hagan llegar más fertilizante a las cosechas y menos a los microbios que producen N_2O, ayudando así a reducir la cantidad de nitrógeno que fluye a través de la cañería. Los resultados de varios estudios hechos a la caña de azúcar en Hawaii y Méjico sugieren que el manejo seguro de fertilizantes puede limitar significativamente las emisiones de N_2O y, a la vez, reducir el costo del fertilizante y aumentar el rendimiento de la cosecha. Si los agricultores en los trópicos logran, algún día, tener cosechas más abundantes el resultado podría ser una reducción de las emisiones de N_2O a la atmósfera. (Ver figuras, versión inglés).

LITERATURA CITADA

Bouwman, A.F., K.W. Van der Hoeck y J.G.J. Olivier. 1995. Uncertainties in the global source distribution of nitrous oxide. Journal of Geophysical Research 100:2785-2800.

Firestone, M.K. y E.A. Davidson. 1989. Microbiological basis of NO and N_2O production and consumption in soil. Páginas 7-21 *en* M.O. Andreae y D.S. Schimel, editores. Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystems and the Atmosphere, John Wiley and Sons, Nueva York.

Keller, M. y P.A. Matson. 1994. Evaluating the effects of tropical land-use changes on atmospheric composition. Páginas 103-118 *en* R.G. Prinn, editor. Global Atmospheric-Biospheric Chemistry, Plenum Publishing Company, Nueva York.

Keller, M. y W.A. Reiners. 1994. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide, nitric oxide, and methane under secondary succession of pasture to forest in the Atlantic lowlands of Costa Rica. Global Biogeochemical Cycles 8:399-409.

ACTIVIDADES INVESTIGATIVAS

Peter L. Weaver
Investigador Forestal

BOSQUES SECUNDARIOS

Durante la semana del 18-22 de abril de 1993 se presentó un trabajo sobre el manejo de bosques secundarios, solicitado por medio de invitación, en el Simposio/Taller Internacional celebrado en Santarém, Brasil (Weaver 1995a). Los puntos principales de esta presentación se discutirán a continuación.

Para el 1990, la mitad de los trópicos (900 millones de hectáreas ó 1.1 veces el tamaño de Brasil) consistía de bosques secundarios. En América Latina existen 335 millones de hectáreas cubiertas por bosques secundarios (aproximadamente 1.2 veces el tamaño de Argentina). Mientras los bosques tropicales primarios continúan desapareciendo, se estima que el consumo de maderas tropicales se duplicará durante la última década del siglo 20. Algunos de los problemas que pueden surgir a consecuencia de estas tendencias son: la pérdida de 8 billones de dólares en el comercio de maderas tropicales, calentamiento del planeta, cambios en el clima a nivel regional, pérdida de la biodiversidad, y la degradación de los recursos de agua y suelo.

Los bosques secundarios se pueden dividir convenientemente en residuales (previamente talados) y voluntarios (surgiendo luego de la agricultura). Se pueden reconocer cinco etapas en la larga historia del manejo de bosques secundarios: (1) antes de 1850, caracterizada por la agricultura migratoria y los bosques baldíos; (2) la fase Indo-birmana (1850-1900), caracterizada por la utilización de técnicas europeas y taungya; (3) la fase África-Malasia (1900-1950), caracterizada por corte de árboles basado en diámetros mínimos, regeneración bajo cobertura, cortes de mejoramiento, y siembras de enriquecimiento; (4) fase explotativa (1950-1980), donde el Sistema Uniforme Malayo y el sistema monocíclico de Uganda adquirieron importancia y (5) post 1980, caracterizada por la preocupación por el medio ambiente y la degradación continua de los bosques tropicales. A lo largo de estas fases, el método de extracción que prevaleció fue el de corte de los mejores tallos (remover la mejor madera sin manejo subsiguiente). La vasta experiencia en el manejo de bosques residuales contrasta con la experiencia limitada en el manejo de bosques secundarios voluntarios.

Los bosques secundarios se caracterizan por ciertos factores que favorecen su manejo. Estos incluyen: regeneración natural, pronta recuperación y restauración, una composición bastante uniforme de especies, algunas de valor económico, y proximidad al mercado. No obstante, existen ciertos problemas que dificultan el manejo: desigualdad regenerativa, numerosas especies indeseables, patrones de crecimiento variables y posibles demoras que retarden el empleo de la silvicultura. A pesar de que hay poco aumento en el volumen de madera comercial, el manejo de bosques secundarios residuales ha sido efectivo. La mayoría de las deficiencias se deben a razones políticas, económicas, sociales o administrativas.

Existen por lo menos 14 proyectos de manejo en Latinoamérica interesados en el rendimiento sostenido de los productos forestales. Sin embargo, estos proyectos son experimentales y de corta duración. Los intentos por manejar los bosques secundarios en el futuro deben estar basados en experiencias pasadas y enfatizados hacia conservar los recursos mientras se obtienen los productos forestales. Algunos de los temas que deben recibir atención son los siguientes: planificación de la utilización del suelo, protección de recursos genéticos, sistemas de manejo para bosques secundarios, siembras enriquecedoras, agroforestal, plantaciones, conservación de suelo y agua,

vida silvestre, eco-turismo e industrias secundarias madereras.

BOSQUES DE CIMA, MONTAÑAS DE LUQUILLO, PUERTO RICO

Un capítulo sobre los bosques situados a una elevación mayor de 600 m en las montañas de Luquillo, al noreste de Puerto Rico, fue escrito para la celebración del quincuagésimo aniversario del Instituto (Weaver 1995b). Los detalles más sobresalientes de este capítulo se discuten a continuación.

Los bosques colorado y enano de las montañas de Luquillo, localizados sobre los 600 m de la base de cúmulos de los vientos alicios, están frecuentemente rodeados de nubes. Cuando su estructura se compara con la de los bosques encontrados a menor elevación, se observan que son más pequeños, densos y con menos diversidad. Comparado con otros bosques tropicales, estos bosques presentan poco crecimiento de árboles (diámetro a nivel del pecho, volumen leñoso y acumulación de biomasa), la caída de hojarasca, tasas de herbivoría, y productividad primaria neta sobre la superficie del suelo. Las condiciones del clima en estas regiones se caracterizan por fuertes lluvias y neblina. Ésto, unido a la saturación del suelo, retarda la mineralización de materia orgánica y, consecuentemente, tardan el crecimiento y desarrollo del bosque. El bosque colorado tarda varias décadas en recuperarse de disturbios ocasionados por huracanes o actividades humanas y al bosque enano le toma un siglo o más para recuperarse.

ST. JOHN, ISLAS VÍRGENES (EU)

Mediante el uso de ecuaciones de regresión derivadas del estudio de 20 árboles de 17 especies en los bosques sub-tropicales húmedos de St. John, Islas Vírgenes estadounidenses y el Bosque Cambalache en Puerto Rico, se evaluaron los cambios en la biomasa previos al huracán Hugo y el impacto que dicho huracán tuvo sobre la cuenca hidrográfica de Cinnamon Bay en St. John (Weaver 1994). E1 cambio total en la biomasa sobre la superficie del suelo de 16 parcelas, con un tamaño de 0.05 ha cada uno y estratificados por elevación y topografía dentro de la cuenca, fue de 139.4 t ha^{-1} en 1983 a 150.4 t ha^{-1} en 1988. Previo al huracán, las tasas de cambio total en la biomasa sobre la superficie del suelo eran: reclutamiento, 0.41 t ha^{-1} yr^{-1}; mortalidad, 0.78 t ha^{-1} yr^{-1}; acumulación en los troncos restantes, 2.58 t ha^{-1} yr^{-1}; y acumulación total de biomasa, 2.20 t ha^{-1} yr^{-1}. Los árboles afectados por Hugo (destrozados, desarraigados o sin vida) promediaron 210 ha^{-1} luego de 10 meses y 288 ha^{-1} luego de 19 meses. El total de biomasa sobre la superficie del suelo transferida a detrito grueso de carácter leñoso 10 meses después de Hugo se estimo en 13 t ha^{-1} y en 15.7 t ha^{-1} 19 meses luego de la tormenta.

LITERATURA CITADA

Weaver, P.L. 1994. Effects of Hurricane Hugo on trees in the Cinnamon Bay watershed, St. John, US Virgin Islands. Caribbean Journal of Science 30(3-4):255-261.

Weaver, P.L. 1995a. Secondary forest management. Páginas 117-128 *en* J.P. Parrotta y M. Kanashiro, editores. Management and rehabilitation of degraded lands and secondary forests in Amazonia. Proceedings of an international symposium/workshop, Santarem, Pará, Brazil, April 18-22, 1993. Instituto Internacional de Dasonomia Tropical, Servicio Forestal Federal, Rio Piedras, Puerto Rico.

Weaver, P.L. 1995b. The colorado and dwarf forests of Puerto Rico's Luquillo Mountains. Páginas 109-141 *en* A.E. Lugo y C. Lowe, editores. Tropical forests: management and ecology. Ecological Studies 112. Springer-Verlag. Nueva York.

OTRAS ACTIVIDADES

Carlos M. Domínguez Cristóbal
Técnico de Biología

Durante el período transcurrido entre el primero de octubre de 1994 al 30 de septiembre de 1995 mi campo de acción se desenvolvió en las siguientes áreas: técnico de biología, conferenciante e historiador. Esta situación obedeció a las modificaciones que fueron surgiendo entre mis labores, así como, de la necesidad estudiantil y del público general por conocer diversos temas histórico forestales de Puerto Rico.

Dentro de esa perspectiva se organizaron una serie de charlas, conferencias o tertulias para con algunas dependencias del sistema educativo del país, así como de diversas instituciones universitarias. Los principales temas de discusión versaron sobre la importancia de los bosques y diversos aspectos inherentes a la historia forestal de Puerto Rico. Las instituciones universitarias que resultaron beneficiadas fueron las siguientes: Universidad de Puerto Rico, Recintos de Río Piedras, Ponce, y Humacao, el Colegio de Agricultura y Artes Mecánicas de Mayagüez y la Pontificia Universidad Católica de Puerto Rico, Recinto de Ponce.

El marco de acción para con las escuelas públicas y privadas del país obtuvo un incremento notable:

Escuela Superior Dr. Pedro Albizu Campos, Levittown.
Escuela Superior República de Colombia, Río Piedras.
Escuela Superior Vocacional, Pablo Colón Berdecía, Barranquitas.
Escuela Superior Luis Muñoz Rivera, Utuado.
Academia Santo Tomás de Aquino, Bayamón.
Baldwin School, Bayamón.
Segunda Unidad de Pesas (Francisco Serrano), Ciales.
Escuela Intermedia Rafael Cordero, Trujillo Alto.
Escuela Elemental Juan Ramón Ocasio, Guaynabo.
Escuela Elemental del barrio Hato Viejo, Cumbre, Ciales.
Colegio Paraíso Infantil, Canóvanas.

Las actividades relativas a las relaciones con la comunidad estuvieron representadas por los siguientes municipios:

Adjuntas: (Proyecto Casa Pueblo) inicio de un estudio cooperativo sobre el uso y tenencia de un predio forestal ubicado en los barrios Vacas y Saltillo.

Arecibo: Inicio de un estudio histórico forestal sobre el escudo de la Villa del Capitán Correa y el histórico lema de "Muy Leal".

Ciales: Selección del árbol, la flor y el ave municipal con motivo del 175 Aniversario de Fundación.

Dorado: Inicio de un intercambio informativo sobre árboles históricos y el eventual establecimiento de un parque de árboles autóctonos de Puerto Rico.

Humacao: Participación en la Primera Feria Ambiental (Plaza Pública).

San Juan: Orientación forestal a la Tropa 820 de los Niños Escuchas (Los Cavernícolas) de Puerto Nuevo.

Loíza: Participación comunitaria en Piñones en la evaluación de

Vacía Talega como un distrito arqueológico por la Oficina Estatal de Preservación Histórica.

Orocovis: Inicio del proceso para la selección del árbol, la flor y el ave municipal (en colaboración con la Honorable Administración Municipal).

El desarrollo de varios proyectos especiales (naturaleza histórico forestal) resultó ampliamente favorecido. Dentro de esa perspectiva, la Cámara de Representantes de Puerto Rico (Comisión de Instrucción y Cultura) nos solicitó la cooperación en las posibles enmiendas al Proyecto 883 (selección del árbol, la flor y el ave nacional).

La colaboración con el Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico y el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales también surtió su efecto para con los proyectos especiales. La investigación histórica sobre la tenencia y usos de los terrenos del Cañón de San Cristóbal (estudio cooperativo con el Fideicomiso de Puerto Rico) exploró el potencial documental que corresponde al Departamento de Agricultura para de esa manera ampliar la fase investigativa inherente al siglo XX. Por otro lado, la presentación de los resultados obtenidos sobre la historia forestal del Bosque de Maricao en el cuarto simposio que sobre tal bosque auspicia el Departamento de Recursos Naturales y Ambientales nos permitió demostrar el logro hasta esa época alcanzado en el estudio de la historia de los bosques estatales de Puerto Rico.

Las actividades de naturaleza internacional se ubicaron con los siguientes países: España (Archivo Histórico Nacional en Madrid), Costa Rica y Guatemala (consulta sobre árboles nacionales de América Latina y El Caribe).

La principal labor como técnico de biología se enmarcó en un estudio de descomposición de madera en el Bosque Nacional del Caribe y el desarrollo del área de investigación forestal en los pueblos de Utuado, y Barranquitas con la escuela Luis Muñoz Rivera y Pablo Colón Berdecía respectivamente.

INVESTIGACIÓN EN LAS CUENCAS

Fred N. Scatena
Hidrólogo

Durante el año 1995, la severa sequía del año anterior terminó y las condiciones lluviosas regresaron a la normalidad en las cuencas hidrográficas de Bisley (fig. 1). Este año estuvo permeado por un índice excepcionalmente alto de actividades ciclónicas en la región, lo cual causó daños localizados en el bosque de las cuencas de Bisley (fig. 2). Este año también se distinguió por un sinnúmero de publicaciones sobre la dinámica del bosque de Bisley (Scatena 1995, Scatena y Lugo 1995), una serie de estudios ecológicos de Springer-Verlag sobre los bosques nublados montanos tropicales (Hamilton *et al.* 1995) e investigación sobre la pedogénesis de los derrumbes en el Bosque Experimental de Luquillo (BEL) (Zarin y Johnson 1995). Además, el Instituto auspició una sesión especial sobre el manejo de los riachuelos tropicales montañosos en una reunión de la Asociación Internacional de Geomorfólogos y se presentaron varias monografías en un simposio auspiciado por el Instituto Smithsoniano sobre el monitoreo de la diversidad biológica de los bosques. Se presentaron varias monografías a la revista Biotropica para una edición especial sobre los disturbios y recuperación de bosques tropicales; dichas monografías utilizaron datos de las Cuencas Experimentales de Bisley.

Al igual que la actividad de huracanes tropicales, las actividades de los estudiantes y colaboradores durante este año también fue excepcionalmente alta. Andrés García completó su grado de Maestría en la Universidad de Connecticut (García 1995) y sometió tres monografías sobre la precipitación de lluvia, descarga de flujos bajos y la aplicación de un Sistema de Información Geográfico para el manejo de asuntos en el BEL (García *et al.* 1995b,c,d). S.J. Doherty de la Universidad de la Florida y E.M. Everham III de la Universidad del Estado de Nueva York completaron sus programas doctorales. Además, se iniciaron proyectos de maestrías sobre la regeneración de los caminos abandonados por Catherine Heyne de la Universidad de Nevada y la influencia del drenaje efluente sobre las especies de los bosques lluviosos por Robert Kent de la Universidad de la Florida. Jaap Schellekens y su profesor L.A. Bruijnzeel de la Universidad Libre de Amsterdam también nos visitaron para trabajar en sus estudios sobre la hidrología de las montañas de Luquillo.

Se completaron los estudios hechos sobre los efectos del huracán Hugo en las cuencas de Bisley en los primeros cinco años (Scatena *et al.* 1995). Estos estudios trataron sobre la recuperación de la biomasa sobre el suelo, caída de hojarasca y nutrientes. Después de cinco años, la suma total de la biomasa sobre el suelo fue de 86% del valor previo al huracán. No obstante, la acumulación de N, P, K, Ca y Mg sobre el suelo aumentó de 102 a 161% de los valores previos al huracán. Estos aumentos en el contenido de nutrientes post-huracán se debió a la acumulación de tejidos ricos en nutrientes de la regeneración post-huracán. Durante el quinto año, el intermedio diario de caída de hojarasca y los flujos de los nutrientes N, P, K, Ca y Mg fue de 96%, 70%, 106%, 96% y 99% de los valores prehuracanes respectivamente. La tasa de acumulación de biomasa y la productividad neta subió durante la recuperación del segundo año. La productividad neta por unidad de toma de nutriente subió después de 30 a 36 meses; mientras que la acumulación por unidad de nutrientes sobre el suelo reciclado por hojarasca se estabilizó después de 36 meses (fig. 3). Tanto la alcances máximos aumentos en la tasa de productividad y el uso de los nutrientes, indican su resiliencia y la multiplicidad de mecanismos que puede utilizar para recuperarse de un disturbio. (Ver figuras, versión inglés).

LITERATURA CITADA

García, A.R. 1995. Use of GIS for low flow prediction in humid montane regions in Puerto Rico. Masters Thesis. Department

of Natural Resources Management and Engineering, University of Connecticut.

García, A.R., G.S. Warner, F.N. Scatena y D.L. Civco. 1996a. Rainfall, runoff, and elevation relationships in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. Caribbean Journal of Science 32(4):413-424.

García, A.R., G.S. Warner, F.N. Scatena y D.L. Civco. 1996b. Use of GIS for low flow prediction in humid montane regions in Puerto Rico. Water Resources Bulletin. 32(6):1259-1271.

García, A.R., D.L. Civco y G.S. Warner. 1995. Key steps to effective watershed characterization. GIS World 8(11):62-67.

Hamilton, L.S., J.O. Juvik y F. Scatena. 1995. Tropical montane cloud forests. Ecological Studies 110. Springer-Verlag, New York. 407 p. [an earlier version of this book was published by the East-West Center, Hawaii].

Scatena, F.N. 1995. Relative scales of time and effectiveness of watershed processes in a tropical montane rain forest of Puerto Rico. American Geophysical Union Geophysical Monograph 89, p. 103-111.

Scatena, F.N. y A.E. Lugo. 1995. Geomorphology, disturbance, and the soil and vegetation of two subtropical wet steepland watersheds of Puerto Rico. Geomorphology 13(1-3):199-214.

Scatena, F.N., S. Moya, C. Estrada y J.D. Chinea. 1996. Five years of post hurricane biomass and nutrient recovery in the Bisley Experimental Watersheds, Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Biotropica 28(4a):414-423.

Zarin, D.J. y A.H. Johnson. 1995. Base saturation, nutrient cation, and organic matter increases during early pedogenesis on landscale in the Luquillo Experimental Forest, Puerto Rico. Geoderma 65:317-330.

LABORATORIO DE QUÍMICA

Mary Jeane Sánchez
Química

El laboratorio del Instituto Internacional de Dasonomía Tropical consta de un grupo permanente de 3 químicos y un estudiante a tiempo parcial. El laboratorio tiene la capacidad de analizar nutrientes totales y disponibles para muestras de suelo y vegetación. Algunos de estos análisis que se analizan de manera rutinaria son: aluminio, calcio, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, materia orgánica, nitrógeno y potasio. También se analizan, pero con menos frecuencia, microelementos tales como: cobalto, cobre, cromio, níquel y sodio.

Para resumenes de tipos y cantidades de análisis refiérase a las siguientes tablas. (Ver tablas, versión inglés).

1994-95
Annual Letter
PUBLICATIONS
International Institute of Tropical Forestry
USDA Forest Service
PO Box 25000
Río Piedras, PR 00928-5000

To obtain copies of publications indicated as available for distribution, please return this request form to the address above with your circled publications.

Para obtener copias de las publicaciones indicadas como disponibles para distribución, favor de circular el número deseado y devolver esta forma a la dirección arriba indicada.

001	013	025	037	049	061	073	085	097	109	121	133	145
002	014	026	038	050	062	074	086	098	110	122	134	146
003	015	027	039	051	063	075	087	099	111	123	135	147
004	016	028	040	052	064	076	088	100	112	124	136	148
005	017	029	041	053	065	077	089	101	113	125	137	149
006	018	030	042	054	066	078	090	102	114	126	138	
007	019	031	043	055	067	079	091	103	115	127	139	
008	020	032	044	056	068	080	092	104	116	128	140	
009	021	033	045	057	069	081	093	105	117	129	141	
010	022	034	046	058	070	082	094	106	118	130	142	
011	023	035	047	059	071	083	095	107	119	131	143	
012	024	036	048	060	072	084	096	108	120	132	144	

Our regulations require that our mailing list be updated annually. IF ANY CORRECTION OF YOUR ADDRESS IS NECESSARY, PLEASE INDICATED BOTH YOUR CURRENT AND PREVIOUS ADDRESS AS OUR ADDRESSES ARE FILED BY GEOGRAPHICAL LOCATION.

Nuestros reglamentos requiren que la lista de distribución sea revisada anualmente. DE SER NECESARIO CORREGIR SU DIRECCIÓN, FAVOR DE INDICARNOS TANTO SU DIRECCIÓN ACTUAL COMO LA ANTERIOR DEBIDO A QUE NUESTRAS DIRECCIONES SON ARCHIVADAS POR LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

*IF YOU ARE NOT NOW ON OUR MAILING LIST BUT WISH TO BE PLACED ON IT, WRITE YOUR ADDRESS BELOW AND CIRCLE "NEW".

*SI ACTUALMENTE NO SE ENCUENTRA EN NUESTRA LISTA DE DISTRIBUCIÓN PERO DESEA ESTARLO, ESCRIBA SU DIRECCIÓN Y CIRCULE "NEW".

New or Current Address

_____

_____

_____

Previous Address

_____

_____

_____